

Von den Stuben-Öfen.

Von

Abr. Zwillinger,

Ingenieur in Wien.

(Fortsetzung.)

Berücksichtigung des Klima's als Regulator der Beheizung.

Nachdem wir die speciellen Eigenschaften verschiedener Stubenöfen aufgezählt haben, müssen wir nochmals darauf aufmerksam machen, dass die Schwankungen der äusseren Temperatur, in Verbindung mit der Transmissions-Fähigkeit der Wände der zu beheizenden Räume die Wahl des Ofens abhängig machen.

Diese Schwankungen sind abhängig:

1. von der geographischen Lage (siehe Tabelle VII),
2. von der besonderen Lage gegen Winde; z. B. in einem Thale, das gegen Süd und Nord offen steht und wo die Winde in dieser Richtung meistens wehen, wird für jede Windänderung auch eine sehr merkliche Temperatur-Veränderung stattfinden, dagegen wird in Thälern, die überall umschlossen sind, ein solcher Wechsel seltener und werden die Schwankungen geringer sein.

Die Grenzen dieser Schwankungen müssen je nach der geographischen Lage anders sein; für Mittel-Europa sind Temperaturen von -20° Celsius schon selten und nie andauernd; aber man muss doch im Stande sein, beim Vorkommen solcher Temperaturen dem daraus hervorgehenden Wärmebedarf durch den Ofen zu genügen. Somit wird im Allgemeinen die grösste Temperatur-Differenz bei einer inneren Temperatur von $15^{\circ} = 15 + 20 = 35^{\circ}$ sein.

Diese Verhältnisse sind nun genau zu erwägen, sowohl für die Wahl des Heizapparates als für die Construction der Gebäude; je grösser die Schwankungen der äusseren Temperatur sind, desto mehr muss der Heizapparat diesen Schwankungen folgen können, und in diesen Fällen sind gusseiserne Öfen mit Luftcirculation oder eine Combination von gusseisernen Öfen mit Massen- oder Wasseröfen gegen andere gewöhnliche strahlende Öfen unersetzlich; aber in einem Klima, das weniger schnelle Differenzen darbietet, sind solche Apparate, die viel Wärme reserviren und solche möglichst regelmässig abgeben, weitaus vorzüglicher.

Heizapparate, die z. B. in Rom oder in Lissabon genügend ein Zimmer erwärmen, sind in Innsbruck, Berlin, Fulda, Bern, noch mehr aber in Petersburg oder gar in Moskau als unbrauchbar zu erklären. (Siehe Tabelle VII.)

Ventilation.

In Hinsicht der Erneuerung der zum Athmen nöthigen Luft in unseren Wohnungen haben alle Aerzte erkannt, dass sie ein dringendes Bedürfniss für unser Wohlbefinden ist, und daher den rationellen Luftwechsel im Zimmer mit Nachdruck und sehr dringend empfohlen.

Jeder freut sich im Winter auf das Frühjahr, um in dieser besseren Jahreszeit die Fenster wegen der frischen Luft öffnen zu können; man macht Spaziergänge, läuft aus dem Hause, um frische Luft zu schöpfen, und doch werden

noch immer alle vorgeschlagenen Mittel und Vorstellungen, frische Luft selbst im kältesten Winter sowie im heissen Sommer in unsere Wohnungen zu bringen, so viel als unbeachtet gelassen, und man verzichtet allgemein auf das, was unsere Gesundheit stärken und unsere Lebenskraft erhöhen würde. Morin sagt:

„Wäre man im Stande, wissenschaftlich und praktisch stets genau die vergleichende Statistik des vortheilhaftesten Einflusses einer reichlichen und regelmässigen Ventilation auf die Gesundheit für jene Orte zusammenzustellen, in welchen viele Menschen sich befinden, z. B. in Schulen, Kasernen, Spitälern, Gesellschaftssälen, Theatern, Tempeln, Kirchen etc., so würde man ohne Zweifel zu dem Resultate kommen, dass man, abgesehen von dem grossen sanitätischen Nutzen, im Ganzen genommen auch noch billiger bauen würde, als ohne diese Anwendung wissenschaftlicher Grundsätze.“

„Das schlagendste Beispiel von dem Gesagten bieten jene Beobachtungen, welche die Militär-Aerzte in den letzten Feldzügen gemacht haben; sie sind alle darin einig, dass nur die consequente Durchführung der Behandlung und Verpflegung der Verwundeten in luftigen Baracken und selbst unter Zelten jene entsetzlichen Epidemien nicht zum Ausbruche kommen liessen, welche ausserdem vielen unserer Soldaten das Leben gekostet haben würden.“

Bei jeder Heizanlage ohne Ventilation und ohne Zuleitung frischer Luft von aussen (gleichviel ob Luft-, Wasser- oder Dampfheizung) findet bei Anwesenheit vieler Personen neben der Luftverschlechterung überhaupt eine allmälige zu grosse Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit statt.

Jede Heizung mit Ventilation macht die Luft der beheizten Räume trockener, und gerade darin liegt ein Vorzug der Heizung mit Ventilation, denn sehr schädlich ist eine zu feuchte Luft; diese hemmt nicht nur die für Erhaltung der Gesundheit nothwendige normale Ausdünstung und bringt oft sehr schnell ein beängstigendes, fieberhaftes Gefühl hervor, sondern sie trägt auch sehr viel zur sonstigen Luftverschlechterung bei, indem an feuchten Wänden die in der Luft schwebenden organischen Stoffe leicht festgehalten werden und daselbst in Fäulniss übergehen.

Allerdings ist auch eine zu starke Austrocknung der Luft leicht Ursache von Unbehaglichkeit, und es ist unter gewissen Umständen rathsam, die Ventilationsluft mit Wasserdämpfen zu mischen, was nach dem jeweiligen Hygrometerstande in den beheizten Räumen selbst beurtheilt werden kann. Ist die Luft zwischen 40—60% mit Wasserdampf gesättigt, so ist sie als normale gesunde Zimmerluft zu bezeichnen. Zeigt das Hygrometer unter 40%, so ist die künstliche Luftbefeuchtung anzuwenden; zeigt es aber über 60% Wasserdampf, so ist eine fortgesetzte Ventilation mittelst warmer Luft ohne Wasserdampf das einzige praktische und sichere Mittel, um die Luft entsprechend trockener zu machen.

Wir müssen daher im Winter nebst dem Behaglichen der Wärme auch noch das Wichtigere, eine stete durchgreifende Lüfterneuerung in unseren Wohnungen, einführen, und zwar nicht durch die Fugen der Thüren und Fenster, sondern durch geeignete Canäle von Aussen, und für die

Wegschaffung der verdorbenen Luft sorgen, um auch im Winter in allen Wohnräumen gesunde und frische Luft, so wie im Sommer zu haben.

Ist ein Zimmerofen durch Mantelumhüllung und gehörige Luftcirculation gezwungen, alle seine Wärme an die Zimmerluft abzugeben, um dadurch dieser, so wie den Wänden und den andern Gegenständen des Zimmers die gewünschte höhere Temperatur zu ertheilen, so geht vom Brennmaterial eigentlich keine andere Wärme verloren, als die, welche mit dem Rauche durch das Rauchrohr abzieht, und es ist daher von der grössten Wichtigkeit, dass die Temperatur desselben die zur Unterhaltung des Zuges nöthigen Grade nicht übersteigt. Mehrfache Versuche haben ergeben, dass die Temperatur des Rauches im Rauchrohre, da wo dieses das Zimmer verlässt, nicht unter 80° R. und nicht über 120° R. betragen soll; werden diese Grenzen eingehalten, so ist der Wärmeverlust nur circa $\frac{1}{7}$ von der ganzen Wärmemenge, die 1 Pfund (1^{kg}) eines Brennstoffes entwickelt, welches wir in Folgenden näher nachweisen werden.

Nehmen wir, um diesen Wärmeverlust zu bestimmen, an, dieser Brennstoff gebrauche die angegebene einfache Luftmenge, also für 1 Pfund (1^{kg}) Steinkohle nahe 10.5 Pfund, (10.5^{kg}) Luft und diese Luftmenge entweiche aus dem Feuerherde, da wo sie nutzbar zu wärmen aufhört, mit einer Temperatur von 120° R. in den Rauchfang, so wird, da die specifische Wärme der Luftarten für gleiches Gewicht $\frac{1}{4}$ jener des Wassers ist, die Wärme, welche mit den 10.5 Pfund (10.5^{kg}) auf 120° R. erhitzter Luft davon geht, so viel betragen, als zur Erwärmung von $\frac{10.5 \times 120}{4} = 315$ Pfund (315^{kg}) Wasser um 1° R. hinreicht, also um $\frac{315}{80}$ oder 3.938 Pfund (3.938^{kg}) Wasser von 0° R. auf 80° R. zu erwärmen, welches nahe $\frac{1}{15}$ der ganzen Wärmemenge ausmacht.

Nun ist aber die in das Feuer strömende Luftmenge jederzeit grösser, als die gerade zum Verbrennen nöthige und sie kann für die gewöhnlich sorgfältig eingerichteten Apparate wenigstens auf das Doppelte angenommen werden, daher beträgt der durch den Luftzug entstehende Verlust bei solchen Feuerungen $\frac{2 \times 3.938}{60.000}$ oder $\frac{1}{7}$ der ganzen Wärmemenge.

Bei 120° R. beträgt der Verlust $\frac{10.5 \times 120}{4} = 315$ Pfund (315^{kg}) Wasser bei der Temperaturerhöhung um 1° , demnach für $80^{\circ} = 3.938$ Pfund (3.938^{kg}) Wasser von 0° auf $80^{\circ} = \frac{3.938}{60}$ oder nahe $\frac{1}{15}$, und dieses doppelt etwa $\frac{1}{7} = \frac{2 \times 3.938}{60}$; verlassen aber diese erhitzten Gase das Rauchrohr im Camin bei 300° R., so ist der Verlust $= 787.5$ oder $\frac{787.5}{80} = 9.844$, mit doppelter Luftmenge $= \frac{19.688}{60.000}$, also $\frac{1}{3}$ der gesammten producirtten Wärmemenge.

Aus dieser Berechnung ist ersichtlich, dass wenn es sich um Brennstoff-Ersparniss durch verbesserte Heizapparate handelt, durch die blosser Verbesserung der Ofenconstruction

unter den gewöhnlichen Verhältnissen und im Vergleiche mit den gebräuchlichen Heizöfen der schlechtesten Art eine bedeutende Ersparung an Brennmaterial zu bewirken sehr schwierig ist. Denn wenn ein Ofen so schlecht construiert ist, dass die Luft, die zur Verbrennung gedient hat, mit einer Temperatur von 300° R. in den Rauchfang entweicht, so beträgt der Wärmeverlust doch erst $\frac{1}{3}$ der ganzen Wärmemenge, so dass die Ersparniss gegen den besten Ofen, bei dem jener Verlust $\frac{1}{7}$ ist, erst $\frac{1}{3} - \frac{1}{7} = \frac{2}{21}$, ausmacht.

Mehr Brennmaterial-Ersparniss wird aber erzielt, wenn die Umgebungen des Zimmerraumes so eingerichtet sind, dass dabei die möglichst geringe Abkühlung erreicht wird; bei solcher Einrichtung kann mehr als $\frac{1}{2}$ des Brennmaterials erspart werden.

Prechtl spricht sich in seiner technologischen Encyclopädie über Zimmeröfen und Zimmerbeheizung für alle Zeiten und aller Orten genügend und klar aus; er berechnet wie viel K.-F. (Kub.-Meter) Luft durch 1 Pfund (1^{kg}) Holz um 1° R. durch den Ofen erwärmt werden können, wie folgt:

1 Pfund (1^{kg}) gewöhnlich trockenes Holz entbindet beim Verbrennen so viel Wärme, dass damit 26 Pfund (26^{kg}) Wasser von 0° bis zum Siedpuncte oder 2080 Pfund (2080^{kg}) Wasser um 1° R. erwärmt werden können. Da ferner 1 Pfund (1^{kg}) Luft 13.6 K.-F. (0.76^{kbm}) bei 0° R. enthält, die specifische Wärme der Luft aber $\frac{1}{4}$ jener des Wassers ist, so ist die Anzahl der Kub.-Fuss (Kub.-Meter) Luft, welche durch 1 Pfund (1^{kg}) Holz um 1° R. erwärmt werden können $= 4 \times 2080 \times 13.6 = 113152$ Kub.-Fuss ($4 \times 0.76 \times 2080 = 633.32^{kbm}$) von 0° R. (1 Pfund Wasser $= 4$ Pfund Luft, 2080 Pfund Wasser $= 8320$ Pfund Luft; 1 Pfund Luft enthält 13.6 K.-F., also 13.6×8320 Pfund $= 113152$ K.-F. Luft); da jedoch das Holz im Ofen verbrannt wird und hiedurch der in den Rauchfang abziehenden erhitzten Luft ein Verlust von wenigstens $\frac{1}{7}$ entsteht, wie bereits nachgewiesen wurde, so ist jene Luftmenge um $\frac{1}{7}$ zu vermindern, so dass sie noch 96987 K.-F. $= 532^{kbm}$ beträgt.

Nach den vollständig genauen zusammengestellten Berechnungen der betreffenden Versuche zur Bestimmung der Grösse der herbeigeführten Wärmeverluste, die durch Wände, Fenster und Thüren entstehen, sind von Munké, Tredgold, Peclet, Prechtl, Schinz Abhandlungen gegeben, aus deren Zusammenstellungen erwiesen wird, wie gross die Anzahl der Kub.-Fuss (Kub.-Meter) ist, welche durch einen \square Fuss (\square Meter) der abkühlenden Fläche um die Temperaturdifferenz der inneren und äusseren Luft in einer Minute erkaltet wird — vorausgesetzt, dass die Wände und alle in dem Zimmer befindlichen Hausgeräthe durch frühere Heizung schon die entsprechende Erwärmung erhalten haben. (S. Tabelle I a und b).

Die Verhandlungen des Vereines zur Beförderung des Gewerbeleisses in Preussen vom Jahre 1833 enthalten die comparativen Versuche über Heizung, welche Blesson mit russischen Oefen angestellt, wonach ein Zimmerraum von 9600 Kub.-Fuss im strengsten Winter bei -15° R. 24 Stunden hindurch auf $+15^{\circ}$ R. mit einem Aufwande von 50 Pfund Holz bei täglicher Heizung erwärmt erhalten werden konnte.

Nach den eben mitgetheilten Erfahrungen lässt sich nun berechnen, wie gross die Abkühlung gewesen sein muss, welche die auf $+15^{\circ}$ R. erwärmte Zimmerluft bei der durch das Verbrennen von 50 Pfund (28^{kg}) Holz erlangten Wärme erlitten hat; es ergeben sich folgende Resultate.

Da bei 50 Pfund (28^{kg}) Holz die Temperatur von -15° R. auf $+15^{\circ}$ R. erhöht worden ist, und die Quantität des Brennmaterials zur Heizung desselben Raumes unter übrigen gleichen Umständen der Temperaturdifferenz der inneren und äusseren Luft proportional ist, so sind demnach die zur Heizung des oben genannten Zimmerraumes von 0° auf 15° R., oder bei einer äusseren Temperatur von 0° R. 25 Pfund (14^{kg}) Holz für 24 Stunden erforderlich. Da nun durch 1 Pfund (0.56^{kg}) Holz nach Abzug von $\frac{1}{7}$ für Verlust durch den abziehenden Rauch 96988 K.-F. (3063^{kbm}) von 0° um 1° erwärmt werden, so beträgt die Luftmenge, welche in dem Zeitraume durch 1 Pfund (0.56^{kbm}) Holz auf 15° R. erwärmt wird $= \frac{96988}{15} = 6465$ K.-F. (204^{kbm}), also für 25 Pfund (14^{kg}) Holz $= 6465 \times 25 = 161625$ Kub.-Fuss (5104^{kbm}).

Da der wirklich geheizte Raum nur 9600 K.-F. (303^{kbm}) beträgt, so ist während 24 Stunden die Wärme dieses Raumes von 0° bis 15° R. um $\frac{161625}{9600} = 16.8$ Mal erneuert.

Die Abkühlung in Kub.-Fuss beträgt sonach in einer Minute $\frac{161625}{24 \cdot 60} = 112$ K.-F. (3.5^{kbm}), oder es kommen auf die Abkühlung für 1000 K.-F. (31.6^{kbm}) dieses Zimmerraumes unter den ähnlichen Umständen $= 11.6$ K.-F. (0.37^{kbm}) im Mittel 12 K.-F. (0.38^{kbm}) per Minute, um welche die Temperaturdifferenz der inneren und äusseren Luft durch Abkühlen erfolgt.

Prechtl berechnet (Tabelle I) für 1 Zimmer von 4000 K.-F. (126^{kbm}) Inhalt, von dem 2 Wände ins Freie gehen mit 2 Fenstern und 2 Thüren, einen Wärmeverlust von 35–40 K.-F. (1.1 – 1.3^{kbm}) Luft, die in einer Minute um die Differenz der inneren und äusseren Luft abgekühlt werden.

Vergleichen wir hiemit obige Berechnung von Blesson, wonach per 1000 K.-F. (31.6^{kbm}) Zimmerraum per Minute 12 K.-F. (0.37^{kbm}) Abkühlung nachgewiesen werden, so würde für diese 4000 K.-F. (126^{kbm}) die Abkühlung per Minute 48 K.-F. (1.5^{kbm}) betragen. Angenommen, dass die Umstände dieselben in Bezug auf Thüren, Fenster etc. seien, so würde der Mehrbetrag von 8–13 K.-F. (0.25 – 0.41^{kbm}) auf das durch das Oeffnen der Thüren verloren Gegangene zu rechnen sein, was bei obiger Rechnung nicht mitberücksichtigt werden konnte.

Nach dieser mitgetheilten Berechnung sagt Prechtl:

„Es ergibt sich aus dieser Berechnung, dass bei der Zimmerheizung, selbst bei der möglichst vollständigen Verwendung des Brennmaterials, kaum der 16. Theil der Erwärmung als eigentlicher Nutzeffect erscheint, und wenn man auch für die von aussen eindringende Luft, die der auch ausserdem nothwendigen Ventilierung zuzurechnen ist, nach obiger Angabe den dritten Theil der Abkühlung rechnet, so geht demnach durch die Ableitung der Umgebung

etwa 11 Mal so viel Wärme verloren, als für die einmalige Erwärmung des Zimmers nothwendig wäre.“

Wenn daher für sorgfältige Verminderung der abkühlenden Einflüsse des Zimmers gesorgt wird und die obige Grösse der Abkühlung um die Hälfte vermindert würde, so wird dadurch beiläufig auch die Hälfte Brennmaterial erspart werden können. Ein Wink, wie man Häuser bauen und einrichten soll!

So wie bei einem lecken Fasse das Oel oder der Wein aus demselben entfliesst, ebenso und noch viel schneller entflieht die wärmere Luft aus unseren geheizten Zimmern, nur fällt dieses uns nicht so in die Augen, wie beim Ausrinnen des Weines oder Oeles.

Die Entweichung der Wärme aus dem Zimmer geschieht auf zweifache Art:

1. Durch das Ausströmen warmer und Einströmen kalter Luft.

2. Durch Ableitung der Wärme durch die Mauern, Fenster und Thüren, durch die obere Zimmerdecke und den Fussboden, durch die grössere oder geringere Feuchtigkeit der Wände, durch herrschenden Luftzug, wodurch beim Oeffnen der Thüren eine grosse Quantität äusserer Luft in das Zimmer tritt etc.

Um die Transmission der äusseren Mauer zu hemmen, gelten als Mittel: dicke Mauern, Steine von geringer Leitungsfähigkeit, Hüllen mit eingeschlossenen Luftschichten, Oberflächen mit geringem Strahlungsvermögen, Glätte und Ebenheit der äussern Fläche etc. Ein mittelgrosses Haus, das von allen Seiten freisteht und wo die Mauern allein ohne Thüren und Fenster $4000 \square'$ ($400 \square^m$) Oberfläche betragen, soll im Innern die constante Temperatur von $+15^{\circ}$ erhalten, und die mittlere Winterkälte sei -5° , so ist die Differenz zwischen innen und aussen $= +20^{\circ}$, daher die Transmission der ganzen Mauer, wenn selbe von Backsteinen ausgeführt:

0.5' (0.15^m)	dick ist	= 33497 W. E.	= 12.4 Pfd. (6.9^{kg})
1.0' (0.32^m)	„ „	= 21158 „ „	= 7.8 „ (4.4^{kg})
1.5' (0.47^m)	„ „	= 15485 „ „	= 5.7 „ (3.2^{kg})
2' (0.63^m)	„ „	= 12205 „ „	= 4.5 „ (2.5^{kg})
2.5' (0.78^m)	„ „	= 10072 „ „	= 3.7 „ (2.1^{kg})

infiltrirtes Holz
Verlust per Stunde

Wenn also bei 0.5' (0.15^m) Mauerdicke für die Transmission stündlich 12.4 Pfund (6.9^{kg}) Holz consumirt werden, bei einer Mauerdicke von 2.5' (0.76^m) aber stündlich nur 3.7 Pfund (2.1^{kg}), so wird durch die dickere Mauer eine stündliche Ersparniss von 8.7 Pfund (4.9^{kg}) Holz erreicht, dies macht per Tag 209 Pfund (117^{kg}) und in 100 Wintertagen 20900 Pfund (11700^{kg}) Holz

= 9.29 Klafter 36" Tannenholz, }
= 7.74 „ 36" Buchenholz }

In Beziehung auf die Wahl des Baumaterials ist man zwar stets an die Oertlichkeit gebunden; wo eine Wahl aber möglich ist, wäre zu erwägen, dass die stündliche Transmission bei $4000 \square'$ ($400 \square^m$) Oberfläche und bei 0.5' (0.15^m) dicken Mauern construiert

aus Backsteinen = 33497 W. E. ist
„ Sandsteinen = 30416 „ „ „
„ Tannenholz = 13556 „ „ „

Die innere Bekleidung der Wände mit Holz ist ein ganz ausgezeichnetes Mittel, die Wärme-Transmission zu vermindern. Obige $4000 \square'$ ($400 \square^m$) Wandungen aus $0.5'$ (0.15^m) dicken harten Backsteinen construiert mit einer Schichte von $0.1'$ (0.032^m) Tannenholz bekleidet, werden transmittiren 30672 W. E.; es wird daher diese innere Bekleidung, welche im Durchschnitt kaum fl. 600 kosten wird, eine Oekonomie von $33497 - 30672 = 2825$ W. E. $= 1.06$ Pfund (0.59^{kg}) Holz stündlich gewähren.

Papier-Tapeten, nicht direct auf der Wand aufgeklebt, functioniren als hindernd auf die Transmission etc.

Genaue Angaben über den Betrag der Wirkung von Hüllen aus Papier besitzen wir keine, jedoch kann in Betracht der angestellten Versuche angenommen werden, dass eine Hülle von Papier, nicht direct auf die Mauer geklebt, wenigstens um $\frac{1}{5}$ die Transmission abschwächt.

Alle Mittel, das Nasswerden der Mauern zu verhindern, sind daher nicht nur für die Solidität der Mauer, sondern auch für die Beheizung der inneren Räume ein bedeutender Gewinn. Anstriche mit Oelfarben, Firnisse, selbst Kautschuk-Firnisse, würden daher die Kosten wohl lohnen; und dies um so mehr, da, wo, wie dies heutzutage aus ästhetischen Gründen geschieht, die äussere Fläche die rohen Backsteine zeigt.

Glätte und Ebenheit der äusseren Fläche eines Gebäudes wirken sehr auf die Verminderung der Transmission. Die architektonische Schönheit verlangt zwar das Gegentheil. Die meisten architektonischen Verzierungen bestehen in erhabenen Gesimsen etc.

Da aber bei der geringen Temperatur-Differenz der Mauer gegen die sie berührende Luft der Einfluss dieser vorstehenden Verzierungen nicht von grosser Bedeutung sein kann, so kann man in allen Fällen diesen erforderlichen Mehraufwand dem Gefühle für das Schöne unterordnen; nur darf das Maass dieser Unebenheiten, wie das leider oft geschieht, nicht bis in das Extreme gebracht werden.

Man kann annehmen, dass in der Zeit, in welcher die Thüre beim Eintreten einer Person offen bleibt, was etwa 8 Secunden dauert, die ausgewechselte Luft je nach dem Temperaturunterschiede, $30-60$ K.-F. ($0.9-1.8^{kbm}$) betragen könne, was dann einen Verlust von $30 \times 10 \times 0.0229 = 6.87$ W. E. bis $60 \times 20 \times 0.0229 = 27.28$ W. E. erzeugen kann.

Wie man die **constante Gleichförmigkeit** der Temperatur in beheizten Räumen erhalte, hat Prof. Meissner durch die Vorzüglichkeit der von ihm erfundenen, bis heute unübertroffenen Heizmethode zur Genüge bewiesen.

Durch seine vielfachen Versuche in einem Zimmer von $20'$ (6.3^m) Höhe, die in seinem Werke: „Die Heizung mit erwärmter Luft“ genau verzeichnet sind und auf welches wir verweisen, ist anzunehmen, dass die Luftschichten in einem erwärmten Raume in ihrer Temperatur für je $1'$ (0.32^m) vom Boden um 0.25° R. wachsen.

Somit wäre in einem Zimmer von $20'$ (6.3^m) Höhe, wenn die Schichte bei $5'$ (1.58^m) $= + 15^\circ$ Temperatur hat, diejenige der an der Decke $(20-5) \times 0.25 + 15 = + 18.75^\circ$ R.;

und die am Boden $15 - (5 \times 0.25) = 13.75^\circ$ R., und die mittlere Temperatur dann $\frac{13.75 + 18.75}{2} = 16.25^\circ$ R.

Da nun 15° Differenz per \square' im Verhältniss zu 18.75° Differenz unter sonst gleichen Umständen 1 und 1.25 transmittiren, so ist klar, dass in höheren Räumen dieser Unterschied sehr bedeutend werden kann; bei gewöhnlichen Zimmern, deren Höhe nur $9'$ bis $12'$ ($2.8-3.7^m$) beträgt, kann diese Berücksichtigung vernachlässigt werden.

Ogleich die Tendenz der erhitzten Luft, sich an der oberen Zimmerdecke abzukühlen, viel grösser ist, als an den verticalen Wänden, hat die Praxis glücklicher Weise diesen Umstand schon wohl erwogen und in der Construction der Zimmerdecken geeignete Mittel angewandt, um die Transmission der Wärme möglichst zu vermindern.

Bei Zinshäusern wird in diesem Puncte grosse Gleichgiltigkeit beobachtet und werden schreckliche Sünden gegen das besteuerte und Zins zahlende Publicum begangen.

Gewöhnlich ist der Fussboden der zu beheizenden Räume so construiert, wie die Decken; es kann angenommen werden, dass durch denselben keine Transmission stattfindet, und dies um so eher, als nur die kältesten Luftschichten auf dem Boden liegen. Wäre derselbe aus einem gut leitenden Material construiert, z. B. ein steinernes Gewölbe oder mit steinernen Platten zugedeckt, so würde ein solcher Boden allerdings Wärme aufnehmen, aber nur als Behälter für die Wärme wirken, wenn wenigstens die Luft unter demselben ruhig bleibt, und dies ist eine Bedingung, die immer erstrebt werden muss.

Trotzdem die Transmission durch gut construierte Fussböden und Zimmerdecken unbedeutend ist, fühlen die Bewohner eines Zimmers wohl, ob unter demselben ein kalter oder ein erwärmter Raum ist; dies ist auch ganz natürlich, weil ein von unten erwärmter Fussboden eine höhere Temperatur erlangen muss, die er aber nicht abgeben kann, weil die Luft über demselben nicht kälter als er selbst ist, da hingegen der menschliche Körper gerade nur mit dem Boden durch die Füsse in einige Berührung kommt, so wird der kalt gelassene Boden dem Körper Wärme entziehen und dadurch Kälte fühlen.

In solchen Fällen wirkt die Bedeckung des Bodens mit einem wollenen Teppiche und anderen schlecht leitenden Materien als Schutzmittel gegen diese Wärmeentziehung vom Körper.

Im Jahre 1846 machte C. Schinz auf Kosten und im Auftrage der polytechnischen Schule und des Gewerbevereines in Stuttgart eine Reihe von Versuchen, welche zum Zwecke haben sollten, den Werth, die Vorzüge und Nachtheile verschiedener Zimmeröfen festzustellen. Das Resultat dieser Aufgabe war:

„Die Oekonomie der Heizung liegt nicht in der guten Construction der Oefen selbst, sondern die Construction der zu beheizenden Räume übt auf den Mehr- oder Minder-Verbrauch des Brennmaterials einen weit grösseren Einfluss aus, als die Oefen selber, die Oefen spielen eine secundäre Rolle bei dem Brennmaterial-Verbrauch. Oefen mit Reservations-Vermögen sind allen anderen Oefen, welche mit dem

Ausgehen des Feuers aufhören, Wärme an den zu beheizenden Raum abzugeben, unter allen Umständen vorzuziehen.“ — (Schinz, Praktische Versuche mit Zimmeröfen, Seite 271—274.)

Zwei Beispiele zur Berechnung des Wärmebedarfes in Wohnhäusern.

1. Beispiel: Ein Schulhaus, aus Ziegeln erbaut, von 4 Stockwerken, je ein Stockwerk mit 6 Zimmern, also mit 24 Zimmern, sei zu beheizen. Die Abkühlung bewirkenden Ursachen dieser Zimmer eines jeden Stockwerkes, wenn auch die mittleren Zimmer mehr vor Abkühlung geschützt sind, als die in den Ecken, welche auch mehr Fenster haben, lassen sich auf folgende Art berechnen.

Angenommen, der Einbau dieses Hauses ist schwach und vermag keine Wärme zu reserviren, die Wärme wird sich daher sehr bald vergleichen.

Die Transmissions-Coëfficienten, welche den verschiedenen Mauern zukommen, sind durchwegs für $S = 0.648$ laut Tabelle (I b)

L ist für das 4. Stockwerk $h = 60' = 0.3445$ laut Tabelle

3. „ $h = 48' = 0.3477$

2. „ $h = 36' = 0.3523$

1. „ $h = 24' = 0.3603$

Die Werthe von (e) für den

4. Stock $= 0.7'$ und $c = 0.36$, woraus $\frac{e}{c} = \frac{0.7}{0.36} = 1.944$,

3. „ $= 1.0'$ und $c = 0.36$ „ $\frac{e}{c} = \frac{1}{0.36} = 2.778$,

2. „ $= 1.5'$ und $c = 0.36$ „ $\frac{e}{c} = \frac{1.5}{0.36} = 4.166$,

1. „ $= 2.0'$ und $c = 0.36$ „ $\frac{e}{c} = \frac{2}{0.36} = 6.944$.

4. Stock für	$\begin{cases} t - t'' = 35^\circ \dots (2592 \square' - 520 \square') \times 11.86 + 520 \times 16.28 = \\ t - t'' = 15 \dots (2592 - 520) \times 5.08 + 520 \times 6.97 = \end{cases}$	$- 20^\circ \text{ C.}$	0° C.
		33039	14150 W. E.
3. „	$\begin{cases} (2563 - 520) \times 9.25 + 520 \times 16.28 = \\ (2563 - 520) \times 3.97 + 520 \times 6.97 = \end{cases}$	27363	11735 „
2. „	$\begin{cases} (2515 - 520) \times 6.76 + 520 \times 16.28 = \\ (2515 - 520) \times 2.90 + 520 \times 6.97 = \end{cases}$	21951	9410 „
1. „	$\begin{cases} (2467 - 520) \times 4.42 + 520 \times 16.28 = \\ (2467 - 520) \times 1.89 + 520 \times 6.97 = \end{cases}$	17071	7304 „

Das öftere Oeffnen der Thüre in einer Schule spielt keine unbedeutende Rolle für den weiteren Wärmebedarf derselben; wie früher erwähnt, ist für einmaliges Oeffnen der Thüre, welches 7—8 Secunden dauert, ein Verlust von 7—28 W. E. in Anschlag zu bringen.

Beispiel II: Es sei ein Gebäude, dessen 4 äussere Mauern 25' (7.9^m) hoch, 70' (22.1^m) lang und 55' (17.5^m) breit ist, mit einer Luftheizung zu erwärmen; wie gross ist der Wärmebedarf bei $- 20^\circ \text{ C.}$ und bei $+ 3^\circ \text{ C.}$?

Die in diesem Gebäude in Berechnung zu ziehenden, Erkältung bewirkenden Ursachen sind: Die 4 äusseren Mauern sind:

$(70 \times 2 + 55 \times 2) \times 25 = 6250 \square' \dots 6250 \square'$
angenommen 43 Fenster à $20 \square' = 860 \square'$
1 Thüre $\dots 30 \square'$ ab $890 \square'$
bleiben für die äusseren Mauern $(536.0 \square') \dots 5360 \square'$

Mit Hilfe dieser Werthe berechnen sich nun die Transmissions-Coëfficienten nach der Formel:

$$V = \frac{(S + L) \cdot (t - t'')}{1 + (L + S) \frac{e}{c}}$$

Da aber nur das Bedürfniss an Wärme für das Maximum und die mittlere Winterkälte in Rechnung zu ziehen sind, so haben wir die Coëfficienten für $t \pm t'' = 15 \pm 20$ und $15 \pm 0 = 35^\circ$ und 15° zu berechnen, welche wir mit V und V' bezeichnen.

Diese Coëfficienten sind

für den 4. Stock $V = 11.86$ und $V' = 5.08$
„ „ 3. „ $V = 9.25$ „ $V' = 3.97$ pr. $1 \square'$ ($0.1 \square^m$)
„ „ 2. „ $V = 6.76$ „ $V' = 2.90$ und Stunde
„ „ 1. „ $V = 4.42$ „ $V' = 1.89$

Die Transmission für die Fensterflächen berechnet sich pr. $1 \square'$ ($0.1 \square^m$) und pr. Stunde (siehe Tabelle I b):
 $S = 0.5238$ und $L = 0.4066$.

$$\text{Für } V = \frac{15 + 20}{2} (0.5238 + 0.4066) = 16.28,$$

$$V' = \frac{15 + 0}{2} (0.5238 + 0.4066) = 6.97.$$

Die Umfangsmauern, denen diese Coëfficienten zukommen, sind:

Für den 4. Stock $12' = 2592 \square'$ ($259.2 \square^m$)

„ „ 3. „ $12' = 2563 \square'$ ($256.3 \square^m$)

„ „ 2. „ $12' = 2515 \square'$ ($251.5 \square^m$)

„ „ 1. „ $12' = 2467 \square'$ ($246.7 \square^m$)

Von diesen Flächen sind in Abzug zu bringen für jedes Stockwerk 21 Fenster à

$$(4.5 \times 5.5) = 24.75 \square' \text{ zusammen } 520 \square' (52 \square^m).$$

Nun stellt sich der stündliche Wärmebedarf für die verschiedenen Stockwerke wie folgt:

angenommen die Mauern sind $1.5'$ (0.47^m) dick, so ist, wenn selbe aus Steinen gefertigt sind: $L = 0.3593$,

$$C = 0.78 \text{ und } \frac{e}{c} = \frac{1.5}{0.78} = 1.923$$

$$S = 0.648 \text{ und } L = 0.3593, \quad C = 0.78$$

$$V = 12.0$$

$$V' = 4.115$$

Die Transmission der $860 \square'$ ($86 \square^m$) Fenster beträgt, wenn solche Doppelfenster sind:

$$S = 0.5238; \text{ bei } (h = 5') \text{ ist } L = 0.4119;$$

$$V = 8.18737$$

$$V' = 2.8071$$

Die $30 \square'$ ($3 \square^m$) Fläche bietende Hausthür von Eichenholz (die Temperatur im Vorhause sei auch 15° C. angenommen) sei $0.3'$ (0.09^m) dick, $7'$ (2.2^m) hoch, so ist

$$S = 0.648; L = 0.3965; C = 0.1266;$$

$$V = 10.694;$$

$$V' = 3.667;$$

$$\frac{e}{c} = \frac{0.3}{0.1266} = 2.37.$$

Der Wärmebedarf für die Mauer ist:

$$12.0 \times 5360 \square' = \begin{matrix} \text{bei } -20^{\circ} \text{ C.} & \text{bei } 3^{\circ} \text{ C.} \\ 64120 & — \end{matrix}$$

$$4.115 \times 5460 = \begin{matrix} — & 22056 \end{matrix}$$

Der Wärmebedarf für die Fenster ist:

$$8.18737 \times 860 = 7041 \quad —$$

$$2.8017 \times 860 = \begin{matrix} — & 2414 \end{matrix}$$

Der Wärmebedarf für die Hausthüre ist:

$$10.694 \times 30 = 320 \quad —$$

$$3.667 \times 30 = \begin{matrix} — & 100 \end{matrix}$$

Der stündliche Wärmebedarf ist daher

$$\text{Zusammen W. E.} = 71681 \quad 26570$$

Ein Pfund Steinkohle entwickelt theoretisch 7000 W. E., werden hievon 70% = 4900 W. E. nutzbar, so ist pr. Stunde

$$\text{erforderlich } \frac{71681}{4900} = 14.63 \text{ Pfund (8.2}^{\text{kg}}) \text{ bei } — 20^{\circ} \text{ C.}$$

äusserer Temperatur, die stündlich wegen der Abkühlung verbrannt werden müssen.

Für die Erwärmung der Luft im Locale werden zur einmaligen Aufheizung an Steinkohlen erfordert:

Die spezifische Wärme der atmosphär. Luft ist = 0.2669, das Gewicht eines Kub.-Fusses kalter Luft = 0.070152 Pfund, daher erfordert 1 K.-F. (0.032^{kgm}) solcher Luft zur Erwärmung um ein t Celsius Grade eine Wärmemenge

$$= 0.2669 \times 0.070152 t = 0.0187 t \text{ W. E.}$$

Das Gebäude im Beispiele II ist 70' (22.1^m) lang, 55' (17.5^m) breit und 26' (7.9^m) hoch; es hat daher einen Kubikinhalt von 96250 K.-F. (3041^{kgm}); diese erfordern zur einmaligen Erwärmung von — 20° C.

$$96250 \times 0.0187 \times 35 = 63000 \text{ W. E.}$$

$$\text{oder } \frac{63000}{4900} = 12.857 \text{ Pfund (7.2}^{\text{kg}}) \text{ Steinkohle.}$$

Wahl und Bestimmung der Leistung.

Zur Wahl, Bestimmung und Construction eines Heizapparates müssen natürlicher Weise als Grundlage die Wärmequantitäten berechnet werden, welche für den zu beheizenden Raum und für eine beliebige Zeiteinheit erforderlich sind.

Da ein und derselbe Heizapparat für alle Temperaturen, die in der Gegend vorkommen, wo solcher wirken soll, dienen muss, so ist der Wärmebedarf immer nach dem muthmasslichen Maximum zu berechnen. (Tabelle VII.)

Wäre z. B. der Wärmebedarf für ein Wohngebäude hier in Wien zu berechnen, so gibt die mittlere Temperatur im kältesten Monate — 1.6°, und soll die innere Temperatur + 15° in der Wohnung sein, so ist die mittlere Temperaturdifferenz = 1.6° + 15° = 16.6°. Es gibt aber auch einzelne Tage, wo die äussere Temperatur auf — 20° C. herabsinkt; so würde in diesem Falle die Differenz 35°, also mehr als das Doppelte betragen, da aber diese Temperatur nur wenige Tage herrscht und nicht in allen Wintern vorkommt, so ist es nicht rathsam, den Wärmeapparat in seiner Normalfunction auf das Maximum zu berechnen.

Transmission der Wärme durch den Ofen an die Zimmerluft.

Soll die Wärme aus den Verbrennungsproducten durch eine dünne Wand an Luft transmittirt werden, so tritt noch ein ähnlicher Umstand auf der anderen Seite der Wand ein. Die erwärmte Luft wird um so viel mehr Wärme und diese um so schneller aufnehmen, als die Temperaturdifferenz zwischen den Verbrennungsproducten und der Luft grösser ist; kann nun die Luft nicht rasch wechseln, so wird die Differenz kleiner und die Luft höher erwärmt; indem den Gasen die Wärme bei diesem Vorgange weniger rasch entzogen wird, gehen dieselben mit geringerem Effecte durch den Canal fort und es geht Wärme unbenutzt verloren.

Um daher die Transmission an Luft zu steigern, hat man dafür zu sorgen, dass dieselbe sich rasch erneuere.

Die Leitungsfähigkeit des Materials, aus dem die dicke Wand besteht, bildet einen Hauptfactor, und Peclet hat mit vieler Umsicht die Leitungsfähigkeit für eine grosse Anzahl von Körpern bestimmt.

Besonders abhängig ist die Grösse des Ofens von dem Material, aus welchem derselbe construirt ist, indem die Fähigkeit, die Wärme durchgehen zu lassen, bei den verschiedenen Materialien, die zur Herstellung von Heizapparaten dienen, sehr verschieden ist.

Peclet in seinem Werke über Wärme §. 1347 sagt Folgendes:

„Ein blecherner Schornstein von 16^m Höhe und 0.09^m im Durchmesser wurde mit einem Ofen in Verbindung gebracht. Das mittlere Resultat von 11 Versuchen war:

Temperatur unten im Camin 280° C.

„ oben „ „ 77° „

„ der äusseren Luft. . . . 20° „

Mittlere Geschwindigkeit in der Secunde 3^m.

Die ganze Oberfläche der Röhre betrug 4.52 □^m.

Die Wärmemenge, die durch das Metall in der Zeit geht, in welcher es eine der Länge des Schornsteines gleiche Luftsäule durchströmt, ist offenbar gleich der durch diese Luftsäule, indem sie sich von 288° auf 77° abkühlt, verlorenen Wärmemenge.

Nun ist ein dem des Schornsteines gleiches Luftvolum 0.1017^{kgm}, sein Gewicht 0.079^{kg}.

Der Wärmeverlust ist = $0.079^{\text{kg}} \times \frac{280-77}{4} = 3.95$ Wärmeeinheiten.

Die Dauer des Ausströmens der Luftsäule betrug 5.1 Sec. Es folgt daraus, dass 4.52^m Oberfläche in 5.1 Secunden 3.95 Wärmeeinheiten haben durchgehen lassen, indem die mittlere Temperatur der warmen Luft 178° und die der äusseren 20° betrug *).

Bei dem erwähnten Experiment betrug die mittlere Temperatur zwischen der warmen und äusseren Luft

$$\frac{280 + 77}{2} - 20 = 158^{\circ} \text{ C.}$$

*) 1 □^m hat in 1 Secunde 0.17135 W. E. durchgelassen und per Stunde würde das 0.17135.3600 = 617 W. E. betragen.

Bei den gewöhnlichen Heizapparaten ist sie weit beträchtlicher, denn die Temperatur der Luft in dem Herde beträgt wenigstens 800° C., und wenn man annimmt, dass die Luft dem Schornsteine bei 300° C. überlassen werde, so wird die mittlere Temperatur der warmen Luft

$$\frac{800 + 300}{2} = 550^\circ \text{C.}$$

betragen, und wenn man annimmt, dass die Luft auf 100° C. erwärmt werde, so beträgt die mittlere Differenz 450° C., also fast dreimal mehr. In der Praxis kann man annehmen, dass ein Quadrat-Meter Blechoberfläche in der Stunde ungefähr 2000 Wärmeeinheiten durchgehen lässt.

Bei gusseisernen Röhren waren die Resultate folgende:

Höhe des gusseisernen Schornsteines	16·50 ^m
Stärke des gusseisernen Schornsteines	0·01 ^m
Innerer Durchmesser	0·20 ^m
Temperatur unten im Camin	175° C.
„ oben „ „	77° „
„ der äusseren Luft	20° „
Geschwindigkeit in der Secunde	4·53 ^m

Die ganze Oberfläche der inneren Röhre beträgt: 10·36 □^m.

Das Volum des Canals 0·51^{kbm}.

Das Gewicht eines gleichen Volums Luft von mittlerer Temperatur ist:

$$0·51 \cdot 1·3^{\text{kg}} \times \frac{1}{1 + 0·00366 \times 126} = 0·44^{\text{kg}}.$$

Der Wärmeverlust während des Ausströmens, welches 3·64 Secunden dauerte, war:

$$= 0·44^{\text{kg}} \times \frac{175 - 77}{4} = 10·78 \text{ Einheiten.}$$

Daher haben 10 □^m Oberfläche in 3·64 Secunden 10·78 Wärmeeinheiten bei einer mittleren Temperatur von

$$\frac{175 + 77}{2} = 126^\circ \text{ durchgehen lassen.}$$

Es folgt daraus, dass ein Quadrat-Meter Oberfläche in der Secunde $\frac{10·78}{3·64 \cdot 10·36} = 0·28$ Einheiten, in einer Stunde

1008 Einheiten hat durchgehen lassen. Bei diesem Versuch betrug die mittlere Differenz der Temperatur zwischen der inneren und äusseren Luft 126 — 20 = 106° C. In den gewöhnlichen Apparaten kann man sie auf wenigstens 400° C. schätzen, daher kann man bei gusseisernen Oefen annehmen, dass ein Quadrat-Meter Oberfläche des Gusseisens in der Stunde 3000 bis 3500 Wärmeeinheiten durchgehen lässt. Diese Experimente zeigen, wie man es schon in Beziehung auf die Condensation der Dämpfe beobachtet hat, dass das Gusseisen, obgleich es weit stärker als das Blech, doch weit durchdringbarer von der Wärme ist.

Analoge Experimente, die mit Schornsteinen von Thon angestellt werden, haben folgende Resultate ergeben:

Höhe des Schornsteines	13 ^m
Durchmesser	0·08 ^m
Stärke	0·01 ^m
Temperatur unten im Schornstein	260° C.
„ oben „ „	60° „
„ der äusseren Luft	20° „

Die ganze Oberfläche des Schornsteines ist 3·27 □^m.

Das Volum des Canals 0·0653^{kbm}.

Das Gewicht eines gleichen Volums Luft bei mittlerer Temperatur:

$$= 0·0653 \cdot 1·3^{\text{kg}} \times \frac{1}{1 + 0·00366 \cdot 160} = 0·0525^{\text{kg}}.$$

Der Wärmeverlust während des Ausströmens, das 5·46 Secunden dauerte, betrug daher

$$0·0525^{\text{kg}} \times \frac{260 - 60}{4} = 2·62 \text{ W. E.}$$

Daher lassen 3·27 □^m Oberfläche in 5·46 Secunden 2·62 Wärmeeinheiten durchgehen.

Es folgt daraus, dass ein Quadratmeter in einer Secunde $\frac{2·62}{3·27 \times 5·46} = 0·14$, und in einer Stunde $0·14 \cdot 60 \times 60 = 504$ Einheiten durchgehen lässt.

Man sieht darnach, dass die Thonröhren fast eben so viel Wärme durchgehen lassen, als die blechnen. Aus denselben Gründen, als oben angeführt, müsste die zu erheizende Oberfläche von Thon von 1^m Stärke so berechnet werden, dass in der Stunde und durch ein Quadrat-Meter Oberfläche 15 — 1600 W. E. durchgehen. Das Verhältniss dieser drei Stoffe würde sich in Bezug auf ihr Vermögen, die Wärme durchgehen zu lassen, also folgendermaassen stellen:

Thon 3 . . (genau 2·00),

Blech 4 . . („ 3·16),

Gusseisen 6 („ 4·47).

Die Oberfläche des gusseisernen Ofens braucht also nur halb so gross zu sein, als die des thönernen.

Nach der oben erwähnten Beschreibung des Effectes des russischen Ofens von Blesson (Fig. VII) hat derselbe 117 □' (11·7 □^m) Oberfläche, deren Abkühlung 112 K.-F. (3·5^{kbm}) in einer Minute betragen hat. Da nun bei dem Verbräuche von 50 Pfund (28^{kg}) Holz, um bei einer äusseren Temperatur von —15° R. einen Zimmerraum von 9600 K.-F. (303^{kbm}) dauernd 24 Stunden auf +15° zu erwärmen, der Effect des Ofens besonders günstig erscheint, so hat dieser zur Aufstellung einer Formel zur Berechnung der Oberfläche von thönernen, gusseisernen und blechnen Oefen geführt, die zur Prüfung der Effecte derselben dienen kann. Es ist dabei festgehalten, wie dies die Peclet'schen Versuche zeigen, dass die Temperatur der Oberfläche im geraden Verhältniss zur Wärmedurchdringbarkeit des Materiales steht.

Die Formel lautet (nach Precht's technologischer Encyklopädie, 7. Band, Seite 401):

wenn S = Oberfläche des Ofens,

A = das in einer Minute abgekühlte Luftquantum um die Temperaturdifferenz $t - t''$,

t = die Temperatur im Zimmer,

t'' = „ „ ausserhalb des Zimmers,

T = „ „ des Ofens,

$$S = \frac{A \cdot (t - t'')}{1·15 (T - t)}.$$

Besitzt z. B. die Oberfläche des Ofens eine Temperatur von 46° R., ist die äussere Temperatur = —10°, die Temperatur des Zimmers +16° bei einer Luftabkühlung von 50 K.-F. (1·6^{kbm}) per Minute, so ist:

$$S = \frac{50 \cdot 26}{1·15 \cdot 30} = 37·6 \square' (3·8 \square^{\text{m}}),$$

die die Oberfläche des Ofens messen muss. Ist dies für Thon, welchem die Temperatur des Ofens von 46° entspricht, so wird die Temperatur des gusseisernen Ofens circa 80° betragen, und würde dann nach derselben Berechnungsweise statt 37.6 die Oberfläche nur $17.6 \square'$ ($1.8 \square''$) betragen müssen. Von der Grösse A und der Temperaturdifferenz ($t - t''$) hängt nun auch die Quantität des Brennmaterials ab, welches erforderlich ist, um die Zimmertemperatur (t) eines Zimmers gleichmässig zu erhalten, vorausgesetzt, dass der Wärmeverlust durch den Rauchfang und andere Umstände dabei derselbe ist.

A wird gefunden, wenn die Anzahl der Grade der Abkühlung des Luftraumes in der ersten Stunde nach Aufhören der Heizung ($= m$) multiplicirt wird mit den Kub.-Fuss, welche das Zimmer an Luft fassen kann ($= R$), dividirt durch 60mal der Temperaturdifferenz der inneren und äusseren Luft ($t - t''$) oder:

$$A = \frac{m \cdot R}{60 (t - t'')}$$

Beim Aufhören der Heizung sei die Temperatur des Zimmers bei einer äusseren Temperatur von $0^\circ \text{ R.} + 16^\circ \text{ R.}$ Eine Stunde darnach nur noch 6° R. , so ist $m = 10^\circ$. Das Zimmer sei $30'$ (9.5^m) lang, $30'$ (9.5^m) breit, $13'$ (4.1^m) hoch, so ist $R = 11700 \text{ K.-F.}$ (370^{kbm}) also $A = 122 \text{ K.-F.}$ (3.6^{kbm}).

Die Quantität des Brennmaterials verhält sich also wie $A (t - t'')$ oder ist dem Temperaturunterschiede der inneren und äusseren Luft proportional.

Die Wärmequantität, welche durch die Grösse $A(t - t'')$ bezeichnet wird, ist gleich A Kub.-Fuss Luft von 0° um $t - t''$ erwärmt, oder $A (t - t'')$ Kub.-Fuss von 0° um 1° R. erwärmt, oder $\frac{A (t - t'')}{t}$ Kub.-Fuss von 0° R. um die Temperatur des Zimmerraumes $= t$ erwärmt.

Bekanntlich ist das Gewicht von 13.6 K.-F. (0.43^{kbm}) Luft einem Pfunde (0.56^{kg}) gleich, und wie wir bereits oben gesehen haben, bringt 1 Pfund (0.56^{kg}) gewöhnliches Holz (trockenes) 26 Pfund (14.6^{kg}) Wasser von 0° bis 80° , oder erwärmt 2080 Pfund (1165^{kbm}) Wasser um 1° R. Die spezifische Wärme der Luft nun ist $\frac{1}{4}$ von jener des Wassers, es wird also 1 Pfund (0.56^{kg}) Holz 4.2080.13.6 = 113152 K.-F. (3574^{kbm}) Luft von 0° R. zu 1° R. erwärmen. Der Verlust durch Abzug im Rauchrohre beträgt $\frac{1}{4}$, es sind also nur 96988 K.-F. (3063^{kbm}) zur Rechnung zu ziehen.

Wird dieser Verlust nicht in Rechnung gestellt, so wird die Quantität Holz, welche zur Erzeugung der Wärmequantität $= A (t - t'')$, das ist zur Wärmehaltung des Zimmerraumes auf die Temperatur t in einer Minute erforderlich ist, sein:

$$\frac{A (t - t'')}{4 \times 13.6 \times 2080} = \frac{A (t - t'')}{113152} \text{ oder}$$

$$\text{in einer Stunde } \frac{A (t - t'')}{1886}$$

(Da $A (t - t'')$ das um die Differenz ($t - t''$) abgekühlte Luftquantum ist, so wird die spezifische Wärme des Wassers, um dieses Volum von 0° auf 1° R. zu erhöhen $= \frac{A (t - t'')}{4 \times 13.6}$ Pfund Wasser, und da 1 Pfund (0.56^{kg}) Holz 26 Pfund (14.6^{kg}) Wasser von 0° bis 80° , oder 2080 Pfund

(1165^{kg}) Wasser um 1° R. erhöht, so erhält man frühere Gleichung

$$\left(\frac{A (t - t'')}{4 \times 13.6 \times 2080} \right)$$

Vergleicht man nun diese Menge des Brennmaterials mit der, welche bei irgend einer Heizung wirklich angewendet ist, so ergibt sich daraus die Grösse des Verlustes.

Die Nothwendigkeit dieses Verlustes durch das Heizgeschäft selbst liegt in dem Umstande, dass beim Verbrennen irgend eines Brennstoffes auf irgend eine Weise durch den nothwendigen Luftzug ein Theil Wärme mit davongeführt wird. Wir haben bereits gesehen, dass dieser Verlust mindestens $\frac{1}{7}$ beträgt.

Geschwindigkeit der Luft.

Ein Vorwurf, der die Oefen gewöhnlich mit Unrecht trifft, ist der des Rauchens. Der Grund liegt selten in den Oefen, sondern ist in der falschen Construction der Schornsteine oder in der falschen Einleitung des Rauchrohres in denselben zu suchen. Ein zunächst berührender Fehler liegt häufig in den zu eng genommenen russischen Röhren, deren Querschnitt oft nicht dem der Zugcanäle der Oefen entspricht, da sie doch schon aus dem einfachen Grunde weiter im Querschnitte sein mussten, weil sie sich mit der Zeit bei der allgemein eingeführten Steinkohlenfeuerung durch Ansetzen mit Russ schneller verengen.

Ueberhaupt ist es eine ganz falsche, jetzt allgemein verbreitete Ansicht, dass der Zug des Ofens durch die Geschwindigkeit der Bewegung der Luft im Schornsteine bedingt würde. Dies ist nur dann der Fall, wenn der Querschnitt der Zugcanäle des Ofens und der des Schornsteines ein und derselbe ist.

Bei einer weiten Esse wird die Geschwindigkeit der Luft in demselben viel geringer, ohne dass deshalb der Zug in dem Feuerraum gemindert wird, da es hier nur auf das Volumen der Luft, welche sich in einer gewissen Zeit in der Esse und in die Höhe hebt, ankommt.

Gesetzt, es sei der Querschnitt des Zugcanales, aus welchem die Luft in den Schornstein mit der Geschwindigkeit V tritt $= s$, jener des Schornsteines $= S$, die Geschwindigkeit der Luft in demselben $= v$, so ist

$$s V = S v, \text{ und } V = \frac{S v}{s}, \text{ d. i.}$$

in der Zeit, in welcher sich das Luftvolumen $S v$ in dem Schornsteine mit der Geschwindigkeit v erhebt, strömt das Volum $s V$ aus dem Heizcanal mit der Geschwindigkeit V aus, um das vorige Luftvolum zu ersetzen; ist z. B. der Querschnitt des Schornsteines fünfmal so gross als jener des Canals, so wird die Geschwindigkeit der Luft im letzteren, durch welche der Zug des Feuers bedingt wird, fünfmal so gross sein, als die Geschwindigkeit der Luft im Schornstein.

Die Geschwindigkeit der Luft im Schornstein (v) sei $3'$ (94^{cm}) pro Secunde, der Querschnitt desselben (S) $= 225 \square''$ ($1516 \square^{cm}$), so ist die Geschwindigkeit der Luft im letzteren $V = \frac{S v}{s} = \frac{225 \times 3}{50} = 13.5 \text{ Fuss}$ (4.267^m) pro Secunde.

Dies entspricht einer Zugöffnung zum Brennmaterial von $1 \square''$ ($2.6 \square^{cm}$), welche in der Stunde circa 300 Kub.-Fuss

(7·77^{kg}) Luft einströmen lassen und zum Verbrennen von 24 Pfund (13·4^{kg}) Steinkohlen in 12 Stunden bei einem Füllofen genügen würde.

Die Berechnung des Durchmessers des Schornsteines ist für die Ofenheizung nicht so ängstlich genau zu machen nöthig. Da die Quantität des in einer Zeit zu verzehrenden Brennmaterials den Feuerraum und dieser den Querschnitt der Rostfläche und der Zugcanäle bedingt, so möchte im Allgemeinen die Regel gelten, dass man dem für einen Zimmerofen besonders aufzuführenden Schornstein bei cylindrischer Form mindestens den Durchmesser von 8"—10" (0·21^m bis 0·263^m) gibt, aber nicht von 5"—6" (0·158^m—0·184^m), wie es leider zu oft vorkömmt.

Auch das vollkommene glatte Ausarbeiten der inneren Wände der Schornsteine möge genauer beobachtet werden, um die Reibung bei dem ausströmenden Gase so viel als möglich zu verringern, überhaupt sollen alle Vorsprünge und Absätze bei einem Schornsteine vermieden werden, was auch nicht immer beobachtet wird. Ein Wink, dass die Steigeisen innerhalb des Schornsteines nicht angebracht werden sollen.

Die Geschwindigkeit der Luft im Schornsteine hängt von der Höhe der Temperatur der Luft in der Esse, namentlich aber von der Höhe (Länge) der Esse selbst ab. Von letzterer hängt besonders die Geschwindigkeit ab, mit welcher die Luft oben aus dem Schornsteine ausströmt. Dies mag folgendes Beispiel zeigen.

Die Luft wird bekanntlich bei 1° C., um welche sie erwärmt wird, um 0·003665 ihres Volumens ausgedehnt. Bezeichnet h die Höhe des Schornsteines, t den Temperaturunterschied der äusseren und inneren Luft, so hat man

$h - h' \times 0·003665 = h (1 - t \times 0·003665) = h'$
für die Höhe der inneren Luftsäule, welche sie bei der Temperatur der äusseren einnehmen würde; die erstere ist also gleichsam um $h - h'$ oder $h - h(1 - t \times 0·003665) = h' t \times 0·003665$ kürzer als die letztere, ein Höhenunterschied, welcher von diesen durchfallen werden muss, um in die Esse einzustreichen.

Nehmen wir nun an:

$$h = 60' (18·96^m)$$

$$t = 90', \text{ so ist } h' = 19·79' (6·25^m), \text{ ist aber}$$

$$h = 30' (9·48^m)$$

$$t = 90', \text{ so ist } h' = 9·99' (3·16^m)$$

$a = 0·003665$ bezeichnet den Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft von 1° und $h a t = P =$ Fallhöhe, Druckhöhe oder Kraft.

Noch genauer lässt sich dieser Werth, den die Höhe der Esse auf die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft hat, folgendermaassen nachweisen:

Nennt man die Höhe der warmen aufsteigenden Luft im Innern des Schornsteines $= h$, diejenige Höhe, welche die gleich hohe Säule der äusseren kälteren Luft annehmen würde, wenn sie auf denselben Grad, wie die innere verdünnt würde $= h'$, so ist jener Druck aufwärts, mit welchem diese Bewegung der inneren Luftsäule aufwärts erfolgt, $= g \frac{h' - h}{h}$, wobei g den doppelten Fallraum in der ersten Secunde bezeichnet.

Wird nun die Geschwindigkeit, mit der diese Strömung aufwärts erfolgt, mit v bezeichnet, so ist nach dem Gesetze des freien Falles die Geschwindigkeit (nach der Beendigung des Falles doppelt so gross, als die während des Falles erfolgte Beschleunigung)

$$v = \sqrt{2 g h \frac{h' - h}{h}}.$$

Ist nun die mittlere Temperatur des Rauchfanges $= T$, jene der äusseren Luft $= t$, die Ausdehnungsgrösse des Volumens der Luft für 1° $= n$, so ist:

$$h' : h = t + n T : 1 + n t, \text{ also}$$

$$\frac{h' - h}{h} = \frac{(T - t) n}{1 + n t} \text{ und}$$

$$v = \sqrt{2 g h \frac{(T - t) n}{1 + n t}}.$$

Der Schornstein sei 60' (18·96^m) hoch, also die Höhe der warm aufsteigenden Luft darin $= h = 60'$, die mittlere Temperatur derselben $= T = 100^\circ$, $t = 10^\circ$, $n = 0·003665$, so ist, da $g =$ dem doppelten Fallraum (also nach Wiener Maass $2 \times 15·515$ ist, also $= 31·03$) $v = 34·4' = 10·87^m$.

Ist $t = 20^\circ$, $T - t = 130$, $h = 20' (6·32^m)$, so ist

$$v = 23·45' = 7·42^m.$$

Dies würde die Geschwindigkeit sein, mit welcher die Strömung der erwärmten Luft in dem senkrechten Canale oder dem Schornstein aufwärts stattfände, wenn kein Widerstand der Luft in der Bewegung durch den Canal oder keine Reibung an dessen Wänden vorhanden wäre.

Dieses ist jedoch nicht der Fall; vielmehr wächst der Erfahrung zufolge der Widerstand der durch Röhren bewegten Luft wie das Quadrat der Geschwindigkeit, und er steht im geraden Verhältnisse der Länge des Canales und im verkehrten des Durchmessers, oder wenn D den Durchmesser, L die Länge bezeichnet, so ist sein Verhältniss

$$= \frac{L v^2}{D}.$$

Die Geschwindigkeit des Luftzuges durch die Esse hängt also von ihrer Höhe und von ihrem Durchmesser, ausserdem aber auch von der Grösse des Temperaturunterschiedes der in derselben aufsteigenden warmen und der äusseren kalten Luft ab, welche wiederum von der Abkühlung abhängt, die die aufsteigende Luft auf ihrem Wege erleidet. Um diese Abkühlung zu vermindern, ist zunächst nöthig, die Esse aus hinreichend starken hohlen Wänden (nicht den gebräuchlichen Thonröhren oder gar Eisenblechröhren) aufzuführen, den Zutritt der kalten Luft von unten und von den Seiten zu verhindern, eine zu weite obere Oeffnung zu vermeiden, durch welche die äussere kalte Luft eintritt und den Schornstein abkühlt, und endlich für eine gute Schliessung zu sorgen, wenn die Feuerung unterbrochen wird, um für die nächste Heizung die Wärme in der Esse beisammen zu halten.

Der kleinste Querschnitt des obersten Theiles des Camines wird auf folgende Weise bestimmt:

Erfahrungsgemäss kann man für Metermaasse nehmen, für Sparherde der Gasthäuser kleinsten Caminquerschnitt

$$= \frac{0·0045 A}{1 \cdot H} \square^m,$$

für Dampfkessel kleinster Caminquerschnitt

$$= \frac{0.0015 A}{\sqrt{H}} \square^m,$$

wobei (H) die Höhe des Camines und (A) das Volumen kalte Luft bezeichnet, welches per Stunde auf dem Roste verbrannt werden soll.

Bei diesem Querschnitte erhält die Luftströmung im Camine eine Geschwindigkeit von 1.5 bis 2.5^m per Secunde.

A findet man, indem man aus bekannten Gründen die doppelte Luftmenge zum Brennen annimmt, die eine bestimmte Quantität Brennmaterial zur vollkommenen Verbrennung nöthig hat.

Gesetzt, es seien auf einem Roste bei einem Dampfkessel 75^{kg} Steinkohlen per Stunde zu verbrennen und der Camin sei 33^m hoch, so ist die nöthige Luftmenge per Stunde $A = 75 \times 15 = 1125^{kgm}$ Luft; folglich der kleinste Caminquerschnitt für Dampfkessel

$$= \frac{0.0015 A}{\sqrt{H}} = \frac{0.0015 \times 1125}{\sqrt{33}} = 0.2937 \square^m; D = 0.54^m = 1.7.$$

Praktische Dimensionen:

Pferdekraft des Kessels	10.	20.	50.	90.	120
Höhe des Schornsteines in Meter	18,	30,	36,	38,	41
Innerer Durchmesser in Meter	0.45,	0.60,	0.9,	1.20,	1.35

Es seien in einem Sparherd 5^{kg} Steinkohlen per Stunde mit einer Caminhöhe von 24^m zu verbrennen, so ist der kleinste Querschnitt für Sparherde der Gasthäuser, oder für andere Sudkessel und Pfannenfeuerungen:

$$= \frac{0.0045 A}{\sqrt{H}} = \frac{0.0045 \times 75}{\sqrt{24}} = 0.06889 \square^m$$

$$D = 0.2634^m = 10''.$$

Dieser Querschnitt der Ausströmungsöffnung ist aber der kleinste, welcher bei obigen Werthen dieser Formel stattfinden kann, nämlich nur dann, wenn der Camin im Verhältniss zur Ausströmungsöffnung so weit ist, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Luft in demselben, folglich der Widerstand so gering wird, dass er vernachlässigt werden könnte.

Zugkraft der Camine.

Aus dem vorher Gesagten ersehen wir, dass, sobald die Feuerung im Ofen beginnt, die kalte Luftsäule im Camin durch die warme ersetzt wird, deren Gewicht kleiner ist als das der kalten. Der Unterschied der Gewichte beider Luftsäulen ist die Zugkraft oder Steigkraft.

Es sei H die Säule des Camins und t der Unterschied der Temperatur der warmen und kalten Luftsäule im Camin, so ist die Zugkraft proportional dem Producte $H t$, folglich die Geschwindigkeit der Luftströmung im Camin der Grösse $\sqrt{H t}$ proportionirt.

Die Grenzwerte der Caminhöhen seien 15^m und 60^m, die der Temperaturen 200 und 350, so verhalten sich die kleinsten und grössten Werthe des Productes $H t$ nahe wie 1:7. Also wird bei sonst gleichen Verhältnissen die Geschwindigkeit der Luft im höchsten Camin bei der höchsten Temperatur $\sqrt{7} = 2.646$ Mal grösser sein als bei dem niedersten Camin und der niedersten Temperatur. Der

höchste Camin wird also in diesem Fall, bei gleichem Querschnitt, 2.646 Mal mehr Luft fördern als der niederste.

Nimmt man die Temperatur t der Gase für alle Camine gleich gross an, so fördert der höchste Camin unter sonst gleichen Umständen nur $\sqrt{\frac{60}{15}} = 2$ mal mehr Luft als der niederste.

Betrachtungen

über den Einfluss, welchen die verschiedenen Formen der Camine auf den Kraftaufwand zur Hervorbringung eines gegebenen Effectes ausüben. Tabelle IX und X (b).

Die Verminderung der Druckhöhe ist nach den Formen des senkrechten Aufrisses eines Camines sehr verschieden.

In einem völlig gleichförmigen cylindrischen Camin (Fig. 1) gilt die Formel

$$P - \frac{v^2}{2g} = \frac{K H v^2}{D}.$$

Die allgemeine Formel der Geschwindigkeit ist:

$$v^2 = \frac{2g P D}{D + 2g K H}.$$

Wir wollen für alle vorkommenden Fälle analoge Beispiele durchführen, und im Folgenden die ursprüngliche Druckhöhe $P = 20^m$, die Höhe $H = 42^m$, und $D = 1^m$ annehmen.

I. In einem gleichförmigen cylindrischen Camine würde sein

$$v^2 = 242.5^m$$

$$\text{und } v = 15.572^m$$

der Verbrauch an Druckhöhe

$$= \frac{K H v^2}{D} = 12.4^m$$

die übriggebliebene:

$$P - \frac{v^2}{2g} = 7.64^m.$$

II. Die konische oder pyramidale Form (Fig. 4) bietet eine kaum merklich vermehrte Oberfläche dar, indem bei gleicher Höhe die schiefen Wände etwas länger sind als senkrechte, dagegen wird in dem unteren weiteren Theile des Camines die Geschwindigkeit kleiner, was, da die Reibung im Verhältnisse zum Quadrate der Geschwindigkeit wächst, einen merklichen und zwar günstigen Einfluss hat.

Dieser Form entspricht die Formel:

$$v^2 = \frac{2g \cdot 4 d (m-1) m^2 \times \cos \varphi \times P}{2g K H (m^2-1) + 4 d (m-1) m^2 \times \cos \varphi},$$

in welcher $m d$ = den unteren Durchmesser,

d = den oberen „

φ = den spitzen Winkel bezeichnet, den die senkrechte Linie mit der schiefen Wandung bildet.

Dieser φ ist 2° 40', wenn $d = 1$ und $d m = 4$ sind.

Substituieren wir nun die Zahlenwerthe in obiger Formel, so erhalten wir:

$$v^2 = 391, v = 19.7737.$$

Es ist somit der Kraftaufwand gegeben durch:

$$P - \frac{v^2}{2g} = P - \frac{KHv^2}{4d(m-1)} \times \frac{m^4-1}{m^4} \times \frac{1}{\cos \varphi} = 1.0237$$

und der Verbrauch an Krafthöhe:

$$P - \frac{v^2}{2g} = 18.9763.$$

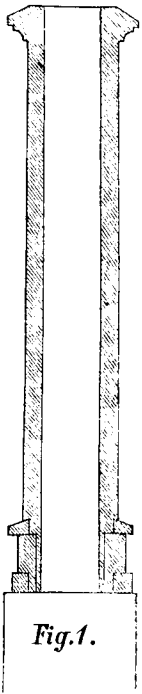


Fig. 1.

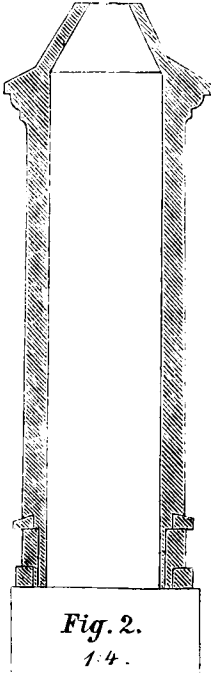
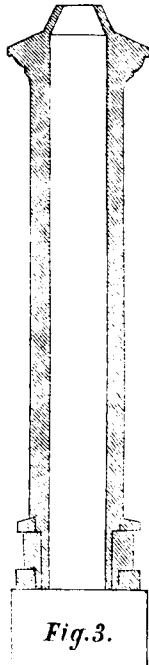
Fig. 2.
1.4.

Fig. 3.

III. Ein Camin, dessen oberes Ende mit einem konischen oder pyramidalen Aufsatz verengt ist (Fig. 2 und 3),

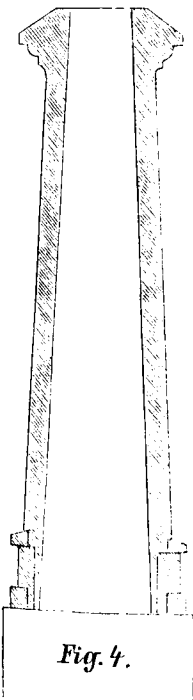


Fig. 4.



Fig. 5.

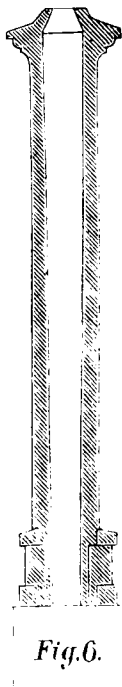


Fig. 6.

erlaubt den Gasen bis beinahe auf die ganze Höhe mit geringer Geschwindigkeit zu steigen, so dass die Reibung in dem weiteren Theile sehr beschränkt ist und blos im konischen Aufsätze erheblich wird.

Setzen wir den Durchmesser des Camines $= D$
den Querschnitt desselben $= S$
den Querschnitt der Ausflussöffnung des Aufsatzes $= s$
den Contractions-Coëfficienten $= \varphi$,
so haben wir

$$v^2 = \frac{2g \cdot D \cdot P \cdot S^2}{D S^2 + 2g K H \times s^2 \varphi^2}$$

es ist die Gleichung für den Kraftaufwand

$$P - \frac{v^2}{2g} = \frac{KH}{D} v \times \frac{s^2 \varphi^2}{S^2}$$

Nun sei $D = 4$, $S = 4^2$, $\pi = 12.5664$, $s = 1^2$, $\varphi = 0.7854$ und $\varphi = 0.94$ so wird

$$v^2 = 392, v = 19.799^m$$

$$P - \frac{v^2}{2g} = 0.0103$$

Man sieht, dass, wenn die Durchmesser des Camines zu dem Aufsätze sich verhalten wie 4:1, die Reibung beinahe $= 0$ wird, und selbst wenn dieses Verhältniss $= 2:1$ gemacht wird, so ist diese Form noch immer vortheilhafter als alle anderen Caminformen.

$$\text{IV. } v^2 = 193, v = 13.8924$$

$$P - \frac{v^2}{2g} = 0.1334.$$

V. Endlich gibt es eine Form der Camine (Fig. 5), die jede Reibung der Gase bis an den Widerstand der äusseren Luft bei deren Austritt vermeidet, wenn nämlich der Camin einen sehr langen umgekehrten Konus oder eine umgekehrte Pyramide darstellt. Es ist klar, dass in diesem Falle ein Anstossen der Gase gegen die Wandungen des Camines, eine Reibung, nicht stattfinden kann. Die Anwendung dieses Principes ist ausserordentlich vortrefflich, nur muss diese Caminform in bergigen Gegenden und wo grosse Windströmungen herrschen, oben beim Ausfluss der Gase mit einem verengten Konus oder Pyramide gekrönt werden. Sind diese Bedingungen erfüllt, so ist allerdings in einem solchen Camine die Geschwindigkeit:

$$v = 2gP,$$

was nach den zu unserer Betrachtung angenommenen Verhältnissen, ohne oberen Konus berechnet, für

$$v^2 = 19.62 \times 20 = 392.4 \text{ und } v = 19.81$$

gibt, wobei kein Verbrauch der Kraft oder Fallhöhe P stattfindet.

VI. Ist hingegen der obere, weitere Theil des Camines (Fig. 6) mit einem verengten Konus oder Pyramide gekrönt, so ist für den Durchmesser der oberen Mündung, unserer Betrachtung gemäss $= 1$, und in der Voraussetzung, dass der Körper des Camines in seinem oberen Theile > 1 sei, haben wir dann

$$v = \varphi \sqrt{2gP},$$

wo φ den bekannten Contractions-Coëfficienten $= 0.94$ bezeichnet, woraus

$$v = 0.94 \sqrt{19.62 \times 20} = 18.62.$$

und folglich der Kraftaufwand:

$$P - \frac{v^2}{2g} = 2.33 \text{ wird.}$$

Siehe Tabelle 9) Camin Fig. V und VI.

Ueerblicken wir die Rechnungsergebnisse, welche die verschiedenen Caminformen, unter der Annahme, dass die ursprüngliche Druckhöhe, Kraft oder Fallhöhe = 20^m und der Durchmesser der Mündung = 1^m betrage, nämlich:

Nr. I	II	III	IV	V	VI
$v = 15.6045,$	$19.7737,$	$19.799,$	$13.8924,$	$19.81,$	$18.62,$
$P - p = 7.64,$	$1.0237,$	$0.0103,$	$0.1334,$	$0.00,$	$2.33,$

so ergibt sich, da die berechneten Geschwindigkeiten = v sich alle auf jene einheitlichen Caminmündungen beziehen, der Nutzeffect dieser verschiedenen Caminformen, indem wir den Kraftaufwand durch die Geschwindigkeit dividiren.

Wir bekommen für die Formen:

Nr. I	II	III	IV	V	VI
$0.4864,$	$0.05182,$	$0.0005,$	$0.0096,$	$0.00,$	$0.1251,$

Diese Quotienten entsprechen also dem Kraftaufwande, welcher zur Fortschaffung von 1^{kgm} der Verbrennungsproducte erforderlich ist.

Bei der Methode, mehrere Herde mit einem Camine zu verbinden, kommt es oft vor, dass der Rauch ziemlich weit vom Herde aus in horizontalen oder schiefen Canälen in den Camin geführt wird. Zuweilen werden auch die Camine geschleift, um sie in einem anderen Raume aufzuführen. Bei allen diesen Umwegen, welche die Gase zu nehmen haben, wird die Oberfläche, auf der sie sich reiben, vermehrt, und es muss diese Vergrößerung der Reibung in Rechnung gebracht werden, um den dynamischen Effect des Camines zu bestimmen; dies geschieht, indem man in der bekannten Formel

$$v^2 = \frac{2gPD}{D + 2gKH}$$

noch die Länge des Canals = L im Nenner zu H addirt.

Ein Camin von 42^m Höhe, gleichförmig und cylindrisch, 1^m Durchmesser, mit der Temperaturdifferenz 130°, gibt für $v^2 = 242.5$,

$$P - \frac{v^2}{2g} = \frac{KHv^2}{D} = 7.64;$$

fügen wir aber demselben noch einen Canal vom gleichen Durchmesser und 7^m Länge an, so wird

$$v^2 = 228^m$$

$$P - p = 8.38;$$

ohne den angehängten Canal war der Consum an Druckhöhe =

$$P - \frac{v^2}{2g} = 7.63,$$

mit demselben ist er = 8.38.

Diese Beispiele machen es anschaulich, dass diese Canäle einen grösseren Aufwand an Brennmaterial verursachen, was zu dem Schlusse führt, dass solche wo möglich zu vermeiden sind, es sei denn, dass ein Canal, als Fortsetzung des Ofens, die Bestimmung habe, die entwickelte Wärme zu transmittiren und zu vertheilen.

Dies geschieht aber öfters unter Anwendung eisenblecherner Röhren. Diese Röhren sind meistens von viel kleinerem Querschnitte als der Camin, in den sie den Rauch führen; die Reibung wird dadurch bedeutend vermehrt, und es muss dann der Abgang an Druckhöhe, den solche verursacht, mitberechnet werden; dies geschieht durch

$$P - \frac{v^2}{2g} = \frac{KHv^2}{D} + \frac{KLv^2}{d},$$

woraus

$$v^2 = \frac{2gPDd}{Dd + 2gKHD + 2gKEd} \text{ folgt;}$$

setzen wir nun den Durchmesser des Camines wie in obigem Beispiele = $D = 1^m$, den kleineren Durchmesser des Canales = $d = 0.5$, H wie oben = 42^m und $L = 7^m$, so wird:

$$v^2 = 103.8;$$

der Consum an Druckhöhe hat daher durch die Verengung des Canales sich von 8.38 auf $\left(P - \frac{v^2}{2g}\right) = 14.71$ gesteigert.

Aus obigen Formeln ist ersichtlich, dass die Grösse des Zuges vorzugsweise mit der Höhe H des Schornsteines wächst. Ausser der Höhe ist jedoch die Temperatur der durchströmenden Luft ein zweiter Factor, welcher die Grösse des Zuges bestimmt. Es fragt sich, bei welcher Temperatur letztere ein Maximum erreicht. Das Volumen der durch einen Camin abgeführten Gase ist gleich dem Quadrate des Durchmessers, multiplicirt mit der Geschwindigkeit = $D^2 \times v$.

Jede der obigen Formeln lässt sich durch die Gleichung:

$$v = \sqrt{\frac{Ha(t_1 - t)}{M}} = \sqrt{\frac{ha t}{M}}$$

ausdrücken, in welcher M sämtliche Werthe in sich schliesst, welche durch diese Gleichung nicht unmittelbar ausgedrückt sind. Nimmt man nun den Schornstein als quadratisch mit der oberen Seite = D an, so ist das Volumen der in der Secunde durchströmenden Luft:

$$D^2 \sqrt{\frac{Ha(t_1 - t)}{M}} = D^2 \cdot v,$$

und das Gewicht derselben:

$$\frac{\gamma}{1 + at_1} D^2 \sqrt{\frac{Ha(t_1 - t)}{M}} = \gamma D^2 \sqrt{\frac{Ha(t_1 - t)}{M(1 + at_1)^2}} = G \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{ha}{M}} \cdot \frac{t_1}{(1 + at_1)^2},$$

in welcher Formel γ oder G das Gewicht von Kub.-Fuss oder Kub.-Meter Verbrennungs-Gase bei 0° C. repräsentirt (siehe Tabelle Nr. II), gibt das Gewicht der in einer Secunde abfliessenden Gase.

Das Maximum des Gewichtes der verbrauchten Luft ist, wie sich leicht übersehen lässt, von der Grösse des Bruches: $\frac{t_1 - t}{(1 + at_1)^2} = \frac{t}{(1 + at)^2}$ abhängig, der die einzige Veränderliche bildet.

Bestimmt man für diesen Ausdruck das Maximum, so erhält man dasselbe für:

$$t_1 = \frac{1}{a} + 2t = 0.003665^\circ + 2t.$$

Zur Veranschaulichung dessen, wie der Zug für verschiedene Temperaturen im Schornstein variirt, kann nachfolgende Tabelle dienen, welche die Werthe von $\frac{t_1 - t}{(1 + at_1)^2}$ für verschiedene Temperaturen enthält, wenn die Temperatur der äusseren Luft $t = 0$ gesetzt wird.

Der Bruch $\frac{t}{(1 + a t_1)^2}$ ist in Beziehung auf die Temperaturdifferenz allein veränderlich.

Temperatur der Luft im Schornstein	Werth von $\sqrt{\frac{t_1}{(1 + a t_1)^2}}$	Temperatur der Luft im Schornstein	Werth von $\sqrt{\frac{t_1}{(1 + a t_1)^2}}$	Temperatur der Luft im Schornstein	Werth von $\sqrt{\frac{t_1}{(1 + a t_1)^2}}$	Temperatur der Luft im Schornstein	Werth von $\sqrt{\frac{t_1}{(1 + a t_1)^2}}$
30	4.3892	150	7.9031	270	8.2592	500	7.8943
40	5.5159	160	7.9735	275	8.2584	550	7.7767
50	5.9762	170	8.0231	280	8.2584	600	7.6570
60	6.3497	180	8.0836	290	8.2551	650	7.5380
70	6.6586	190	8.1265	300	8.2449	700	7.4204
80	6.9169	200	8.1605	310	8.2425	750	7.3055
90	7.1340	210	8.1891	320	8.2330	800	7.1934
100	7.3180	220	8.2115	330	8.2220	850	7.0850
110	7.4750	230	8.2293	340	8.2092	900	6.9792
120	7.6126	240	8.2421	350	8.1957	950	6.8773
130	7.7227	250	8.2514	400	8.1103	1000	6.7787
140	7.8198	260	8.2567	450	8.0074		

Eine Temperatur von 1000 Graden im Schornstein bringt daher keinen stärkeren Zug hervor als eine Temperatur von 75°, während der grösste Zug bei 250 bis 300° stattfindet. Es ist daher vortheilhaft, bei Feuerungsanlagen, in welchen die verwendete Luft eine sehr hohe Temperatur beibehält, wie z. B. bei Flammöfen, dieselbe vor ihrer Entweichung in den Schornstein bis auf 250 bis 300° abzukühlen, selbst wenn man keine Verwendung für die dabei gewonnene Wärme hätte.

Es sind für alle Arten Feuerungs-Anlagen ausser Zimmeröfen diese Formeln und Werthe für den theoretisch gebildeten Praktiker maassgebend, um mit aller Sicherheit ohne Fehler die Objecte ausführen zu können.

Weite Essen haben den Vortheil, die aufsteigende Luft weniger abzukühlen, da die Berührungsfläche der Wände sich wie der Durchmesser, die Luftmasse aber wie das Quadrat desselben verhält. Die obere Oeffnung, aus welcher der Rauch austritt, darf aber nicht weiter sein, als nöthig ist, damit die aus dem Rauchrohre kommende Luft mit der erlangten Geschwindigkeit ausströmen kann. Ist der Durchmesser der Oeffnung, welche zum Ausströmen des Rauches oder der warmen Luft mit der Geschwindigkeit $= v$ hinreicht $= d$, und der Durchmesser des Rauchfangs $= D$, so ist die Geschwindigkeit der Luft in dem Rauchfange selbst $= \sqrt{\frac{d}{D}}$; macht man daher den Rauchfang so weit, dass die Geschwindigkeit der Luft in denselben nur gering ist, so kommt die Geschwindigkeit, mit welcher die warme Luft aus der Oeffnung oben ausströmt, derjenigen nahe, welche mit der frühern Formel durch v angegeben wird, und welche die grösste ist, die hier stattfinden kann, von welcher jedoch wegen der Reibung an den Wänden etc. nur 0.8 zu nehmen sind.

Die Widerstände bei der Luftströmung.

Bei obiger Betrachtung sind die Widerstände gleich gross vorausgesetzt worden. Diese Widerstände finden statt:

a) Beim Eintritt der kalten Luft durch den Rost in den Feuerherd; indem der Luft eine Geschwindigkeit beigebracht werden muss, die um so grösser ist, je enger die Rostspalten sind, und je mehr diese Spalten von der darüber liegenden Brennstoffschichte zugedeckt sind.

b) Beim Durchgang der Luft durch die Feueranäle und durch den Camin. Dieser Widerstand ist der Grösse der Reibfläche an den Wänden und dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional; dazu kommt, dass die Luft bei plötzlichen Uebergängen aus einem Querschnitt in einen anderen und bei plötzlicher Aenderung der Richtung lebendige Kraft einbüsst, welche ihr wieder durch neuen Kraftzuschuss ersetzt werden muss.

c) Beim Austritt der heissen Luft durch Stoss gegen die kalte Schichte der Atmosphäre. Ein Camin muss mithin hoch sein und die Luft mit hoher Temperatur in den Camin übertreten, wenn die Rostspalten wenig Fläche haben, wenn die Brennschichte dick aufgetragen wird; wenn die Feueranäle eng und lang sind, und wenn diese Canäle sich plötzlich verengen oder erweitern und ihre Richtung plötzlich ändern.

(Schluss folgt.)

Notizen über die Anlage des Tunnels bei Petrowitz

auf der Linie Chotzen-Halbstadt-Braunau der k. k. priv. österr. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft.

Von

Franz Wostry,

Inspector der Staats-Eisenbahn-Gesellschaft.

(Mit Zeichnungen, auf Blatt Nr. 19 und 20.)

Im ursprünglichen Projecte des Tracenzuges von der Station Politz gegen das Hochplateau von Zdiar war zuerst die Umgehung des Bergrückens bei Petrowitz derart angenommen, dass die Trace dem Laufe der Mettau vom Ende der Station Politz bis zur Einmündung des Zdiarbaches in den Mettaufluss folgte, wie es in dem Situationsplane durch eine strichlirte Linie ersichtlich gemacht ist.

Bei Entwicklung dieser Trace waren zwei Felseinschnitte nöthig, wovon einer eine Tiefe von 16^m, der andere eine solche von 35^m hatte; ausserdem hätte die Nachod-Politzer Strasse verlegt werden müssen, in welcher Verlegung die Herstellung neuer Strassenbrücken über die Mettau inbegriffen war; ferner wäre die Einlösung von vier Gebäuden nöthig geworden.

Bei der Annahme, den Petrowitzer Berg nicht zu umgehen, sondern denselben mittelst eines Tunnels zu unterfahren, entfielen nun nicht nur die früher angegebenen Herstellungen, sondern es war hiedurch auch möglich, die Station Politz in eine Gerade legen zu können, eine freie übersichtliche Einfahrt in dieselbe zu gewinnen, die Linie selbst um circa 241^m zu verkürzen und die Richtungs-Verhältnisse überhaupt wesentlich zu verbessern.

Diese Verbesserungen im Tracenzuge, welche sowohl die Sicherheit des Verkehres erhöhen, als auch die Betriebs- und Bahnerhaltungskosten vermindern, waren bestimmend, dass der Tunnel zur Ausführung gelangte.

Der 64.5^m hohe Bergrücken, durch welchen der zweigeleisige Tunnel getrieben wurde, besteht aus einem sehr festen, zähen, blaugrauen Pläner-Kalk, welcher in mächtigen Schichten abgelagert ist, die durch senkrechte Spaltungen in grosse Prismen getheilt werden. Durch diese Spaltung der Felsmassen dringt bei stärkeren Niederschlägen das Wasser bis in die Thalsohle herab.

I. Tabelle über den Fortschritt

Jahr	Monat	Fortschritt im Firststollen										Fortschritt im vollen Profil									
		Südseite			Nordseite			Zusammen				Südseite			Nordseite			Zusammen			
		Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Noch zu leisten	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Noch zu leisten
per Meter																					
1873	Juli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289·65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289·65
	August	8·1	8·1	0·26	0	0	0	8·1	8·1	0·26	281·55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289·65
	September	30·5	22·4	0·74	1·1	1·1	0·36	31·6	23·5	0·78	258·05	8·4	8·4	0·28	0	0	0	8·4	8·4	0·28	281·25
	October	38·3	7·8	0·25	10·6	9·5	0·30	48·9	17·3	0·56	240·75	17·4	9·0	0·30	0	0	0	17·4	9·0	0·30	272·25
	November	62·4	24·1	0·86	26·6	16·0	0·53	89·0	40·1	1·33	200·65	40·0	22·6	0·80	2·3	2·3	0·11	42·3	21·9	0·83	247·35
1874	December	80·4	18·0	0·63	42·6	16·0	0·52	123·0	34·0	1·10	166·65	52·0	12·0	0·43	13·0	10·7	0·34	65·0	22·7	0·73	224·65
	Jänner	96·7	16·3	0·52	65·1	22·5	0·73	161·8	38·8	1·25	127·85	69·5	17·5	0·58	21·0	8·0	0·27	90·5	25·5	0·82	199·15
	Februar	111·8	15·1	0·56	84·4	19·3	0·69	196·2	34·4	1·23	93·45	75·4	5·9	0·22	31·4	10·4	0·38	106·8	16·3	0·58	182·85
	März	132·5	20·7	0·67	104·9	20·5	0·66	237·4	41·2	1·31	52·25	93·3	17·9	0·58	39·4	8·0	0·26	132·7	25·9	0·83	156·95
	April	147·8	15·3	0·51	125·3	20·4	0·68	273·1	35·7	1·19	16·35	102·5	9·2	0·34	52·4	13·0	0·48	151·9	22·2	0·74	134·75
	Mai	155·3	7·5	0·94	134·65	9·35	1·17	289·65	16·55	2·07	0	118·2	15·7	0·56	64·7	12·3	0·44	282·9	28·0	0·90	106·75
	Juni	8. Mai			8. Mai							137·8	19·6	0·65	79·7	15·0	0·50	217·5	34·6	1·15	72·15
	Juli											155·0	17·2	0·55	93·7	14·0	0·46	248·7	31·2	1·01	40·95
	August											175·0	20·0	0·77	114·65	20·95	0·78	289·65	40·95	1·52	0
		Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 281 Tagen beträgt 0·55 ^m										Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 281 Tagen beträgt 1·03 ^m									
		Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 223 Tagen beträgt 0·60 ^m										Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 361 Tagen beträgt 0·48 ^m									
		Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 281 Tagen beträgt 0·55 ^m										Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 361 Tagen beträgt 0·44 ^m									
		Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 259 Tagen beträgt 0·41 ^m										Die durchschnittliche tägliche Leistung aus 361 Tagen beträgt 0·80 ^m									

Die Herstellung des Tunnels wurde nach österreichischem Systeme durchgeführt, und zwar geschah der Tunnel-Durchbruch in der Weise, dass von beiden Seiten mit Kopfstollen vorgegangen wurde, worauf die Erweiterung zum vollen Profil erfolgte. Nachdem an der Nordseite der Ausbruch des 16^m tiefen Voreinschnittes längere Zeit erfordert hätte, wurde auch dieser Einschnitt selbst mit Stollenbetrieb durchbrochen, um so rasch als möglich in den eigentlichen Tunnel zu gelangen. Dieser Arbeitsvorgang war später auch dafür maassgebend, dass der Tunnel von 280·0 auf 289·65^m verlängert wurde, denn es waren nach gesehenem kostspieligen Durchbruch nur mehr die Kosten

der Ausmauerung mit den Kosten der Felsabtragung des noch unausgearbeiteten Voreinschnittes in Vergleich zu ziehen.

Der Arbeits-Fortschritt war im Kopfstollen bei einer ununterbrochenen 24stündigen Arbeitsdauer und unter Anwendung von Dynamit als Sprengmittel beiderseits zusammen durchschnittlich 1·03^m. Der Stollen-Durchbruch dauerte 281 Tage, und der Zusammenstoss von beiden Seiten erfolgte am 8. Mai 1874, nachdem am 31. Juli 1873 begonnen worden war.

Der Ausbruch zum vollen Profil weist bei ununterbrochener Tag- und Nacharbeit einen täglichen Fortschritt

des Durchbruches im Tunnel.

Verwendete Arbeitskräfte Tagschichten							Bemerkungen
Aufseher	Mineure	Für den Transport	Für die Planirung	Schmiede	Zimmerleute	Zusammen	
0	0	0	0	0	0	0	Der Kopfstollen wurde in einer Breite von 2·5 ^m und in einer Höhe von 2·6 ^m vorgetrieben.
60	918	738	120	192	120	2148	Die aus dem Stollen geförderte Masse beträgt 1883 ^{kbm} .
108	2138	847	124	186	124	3527	Das eine Querprofil sammt Canal beträgt 55·64 ^m
124	2470	1230	124	186	124	4258	Hiezu die Mehraussprengung im Bogen durchschnittlich 0·2 ^m breit 2·86 ^m
							Zusammen . . 58·50 ^m .
116	2760	870	116	174	116	4152	Die ganze ausgesprengte Masse beträgt:
124	3410	744	186	186	124	4774	a) für den Tunnel 16944·50 ^{kbm}
124	3410	744	186	186	124	4774	b) für die fünf Nischen 72·50 ^{kbm}
112	3080	672	168	168	112	4312	Zusammen . . 17017·00 ^{kbm} .
124	3720	744	186	186	124	5084	Hievon wurde an die Südseite transportirt im Gefälle von 1 : 70 auf 285 ^m
120	3600	720	180	180	120	4920	Weite 10390 ^{kbm} , an die Nordseite in der Steigung von 1 : 70 auf 190 ^m Ent-
124	4340	744	186	186	124	5704	fernung 6627 ^{kbm} .
120	4200	720	180	180	120	5520	Zu einem Kub.-Meter Ausbruch waren 3·55 Tagschichten erforderlich.
124	4340	744	186	186	124	5704	
93	4340	744	186	186	124	5673	
1473	24726	10261	2128	2382	1580	60550	

Es entfallen auf 1 Current-Meter 209 Tagschichten

auf beiden Seiten zusammen von 0·8^m nach und dauerte 361 Tage.

Obwohl das Gestein an und für sich sehr fest war, so musste dennoch eine Ausbölzung des ausgebrochenen Tunneltheiles vorgenommen werden, da wegen der senkrechten und horizontalen Spaltung ein Niedergehen von Felsmassen zu befürchten war.

Das ausgebrochene Materiale wurde mit Bahnwagen zu beiden Seiten heraustransportirt und theils zu Dammerstellungen verwendet, theils deponirt.

Der Charakter des Gesteins erforderte, dass der Tunnel mit einer Verkleidung aus Mauerwerk versehen werde. Zur

Verkleidung wurden Quadern aus einem sehr harten Sandstein verwendet, welcher im Faltengebirge bei Machau gewonnen wurde und circa 7^{1/2}^{k_m} weit zugeführt werden musste.

Als Bindemittel wurde Kalk von Ottendorf verwendet, welcher schwach hydraulische Eigenschaften besitzt. Der erforderliche Bausand wurde aus den Anschwemmungen der Mettau gewonnen.

Wie schon früher bemerkt wurde, führen die senkrechten Felsspalten das Tagwasser bis in die Tiefe herab, es musste daher ein vorzügliches Augenmerk darauf gerichtet werden, dass dem Sickerwasser, welches an einzelnen

II. Tabelle über den Fortschritt der Ausmauerung im Tunnel.

Jahr	Monat	Südseite			Nordseite			Zusammen				Verwendete Arbeitskräfte Tagschichten					Bemerkungen	
		Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Im Ganzen	Im Monat	Durchschnitt per Tag	Noch zu leisten	Aufseher	Maurer	Steinsetzer	Handlanger	Zusammen		
M e t e r																		
1873	November ..	19. November	3.5	3.5	0.32	.	.	.	3.5	3.5	0.32	289.65	60	96	.	48	204	Der ganze Tunnel ist mit Quadersteinen verkleidet.
	December ..	11.6	8.1	0.26	.	.	.	11.6	8.1	0.26	278.05	62	558	62	300	982	Der erste Ring an der Südseite von 5.0 ^m Länge und die letzten zwei Ringe an der Nordseite von zusammen 10.0 ^m Länge haben ein Verkleidungsgewölbe von 0.63 ^m Stärke, während der übrige Theil nur 0.45 ^m stark eingewölbt ist.	
	Jänner	31.75	20.15	0.67	.	.	.	31.75	20.15	0.67	257.90	62	744	124	372	1302	Die Nachmauerung ans Bruchstein ist im Durchschnitt über dem Gewölbtheil 0.20 ^m stark.	
	Februar	41.86	10.11	0.37	.	.	.	41.86	10.11	0.31	247.79	56	504	56	392	1008	Die Mauerwerksmassen betragen: a) das Portal-Mauerwerk an der Südseite 51.00 ^{kbm} b) die Widerlager: Quader 713.70 „ Bruchstein 321.50 „	
1874	März	61.24	19.38	0.62	7.00	7.00	0.46	68.24	26.38	0.85	221.41	62	868	124	496	1550	c) das Gewölbe: 0.63 ^m stark 10.738 } 1688.02 „ 0.45 ^m „ 1677.287 }	
	April	79.00	17.76	0.59	14.50	7.50	0.25	93.50	25.26	0.84	196.15	60	1020	120	480	1680	d) die Ausmauerung über dem Gewölbe mit Bruchstein in Mörtel . . . 849.70 „	
	Mai	107.00	28.00	0.90	38.00	23.50	0.76	145.00	51.50	1.66	144.65	62	1550	124	496	2232	e) Trockene Ausmauerung bei den Sickerschlitzten 150.00 „	
	Juni	121.50	14.50	0.48	53.00	15.00	0.50	174.50	29.50	0.98	115.15	60	750	120	360	1290	f) Canalherstellung: Seitenmauern 84.50 } 126.90 „ Deckplatten aus Bruchstein . . . 42.40 }	
	Juli	141.00	19.50	0.63	72.00	19.00	0.61	213.00	38.50	1.24	76.65	62	744	124	558	1488	Zusammen 3900.82 ^{kbm}	
	August	155.00	14.00	0.45	85.00	13.00	0.42	240.00	27.00	0.87	49.65	62	744	124	558	1488	Die durchschnittlich per Tag erzeugte Mauerwerksmasse hat 12.4 ^{kbm} betragen, und es entfallen auf 1 ^{kbm} Mauerwerk 3.7 Tagschichten.	
	September ..	178.5	23.50	0.78	111.15	26.15	0.87	289.65	49.65	1.65	0	30	720	60	480	1290		
								26. Sept.				Zusammen	638	8298	1038	4540	14514	Auf einen Current-Meter Ausmauerung entfallen 50 Tagschichten

Stellen nicht unbedeutend war, ein gehöriger Abfluss verschafft werde. Dieses wurde durch Anbringung von Sickerschlitzten sowohl im Gewölbe als auch in den Widerlagern an jenen Stellen, wo sich Felsspalten vorfanden, erreicht. Die Zuleitung des Wassers zu den Sickerschlitzten geschah in der Weise, dass die auf dem Gewölbe befindliche Cementschicht muldenförmig hergestellt und die hohlen Räume zwischen dem Gewölbe und den Felsspalten durch trockene Steinschlichtung bis zur Unterkante des Sickerschlitzes ausgefüllt wurden.

Alle Räume über dem Gewölbe, welche nicht eine Wasserabfuhr bedingten, wurden mit Bruchstein-Mauerwerk in Mörtel ausgefüllt.

Der Erfolg zeigte, dass die Wasserableitung als vollkommen entsprechend bezeichnet werden kann.

Die Ausmauerung des Tunnels geschah von beiden Eingängen aus, erfolgte in 315 Arbeitstagen und weist einen täglichen Fortschritt von 0.92 Curr.-Meter Mauerung nach.

Das ganze Mauerwerk beträgt 3900.8^{kbm}, und es wurden hievon täglich 12.4^{kbm} hergestellt.

Die näheren Details über den Fortschritt sowohl des Durchbruches als auch der Mauerung sind aus den beiden vorstehenden Tabellen ersichtlich.

Die Gesamtkosten des Tunnels belaufen sich auf fl.ö.W. 213.775.27 und sind in der nachstehenden Zusammenstellung im Detail ersichtlich gemacht. Hiebei wurden jene Einheitspreise zu Grunde gelegt, welche bei Vergebung sämtlicher Arbeiten der Linie Chotzen-Halbstadt-Braunau an eine General-Bauunternehmung maassgebend waren.

Kosten-Zusammenstellung.

Gegenstand der Kosten	Quantitäten	Einheits-Preis in ö. W.		Total-Kosten in ö. W.		Kosten p. Curr.-Meter	
		fl.	kr.	fl.	kr.	fl.	kr.
Tunnel-Durchbruch in Felsen Kb.-M.	17017·0	5	85	99549	50	343	69
Böschung für den Aushub..... M.	289·65	27	13	7858	20	27	13
Mauerwerk:							
Quadermauerwerk der Widerlager und Gewölbe..... Kb.-M.	2401·7	33	74	81033	36	279	76
Bruchstein-Mauerwerk..... "	1171·2	8	23	9638	98	33	28
Trocken-Mauerwerk..... "	150·0	2	79	418	50	1	44
Portal-Mauerwerk aus Quad. (Südseite)..... "	51·0	40	—	2040	—	7	04
Portal-Mauerwerk aus Bruch- stein (Nordseite)..... "	19·2	10	—	192	—	—	66
Verfugung des Mauerwerkes aus Quadern..... □M.	4276·8	1	—	4276	80	14	76
Verfugung des Mauerwerkes aus Bruchstein..... "	24·0	1	—	24	—	—	8
Ueberguss aus einem Theil Portland-Cement mit zwei Theilen Sand..... "	489·0	2	46	1202	44	4	19
Lehrgerüste für Gewölbe.... M.	289·65	21	27	6160	86	21	27
Canal-Herstellung..... "	313·0	4	41	1380	33	4	76
Zusammen				213775	27	738	06

Es ergeben sich sonach die Kosten eines Curr.-Meter Tunnels mit fl. ö. W. 738·06.

In der beigegebenen Zusammenstellung sind die Arbeits-Fortschritte sowohl im Firststollen, als auch des Durchbruches im vollen Profile und der Ausmauerung ersichtlich gemacht.

Der Tunnel wurde von der General-Bauunternehmung Hügel & Sager, welche die ganze Strecke Chotzen-Halbstadt-Braunau zur Herstellung übernommen hatte, ausgeführt.

Von Seite der Staats-Eisenbahn-Gesellschaft war mit der Bauführung der Ober-Ingenieur Herr Heinrich Strigler als Bauleitungs-Chef der Theilstrecke Hronov-Braunau betraut, dem auch Verfasser die vorstehenden Daten verdankt.

Eiserner Oberbau.**System Carl Oesterreicher,**

Ingenieur und Betriebsleiter der k. k. priv. Lemberg Czernowitz-Jassy-Bahn.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 21 und 22.)

Seit bereits längerer Zeit macht sich bekanntlich allenthalben das Bestreben geltend, die Erhaltungskosten des Oberbaues, ohne Beeinträchtigung der vollen Verkehrssicherheit, zu verringern, d. h. den Oberbau aus einem möglichst widerstandsfähigen Materiale herzustellen, auf diese Weise die Ersatzleistung auf längere Perioden zu vertheilen, eine thunlichst grosse, nachhaltige Consolidirung zu erreichen und die Auswechslungs-Arbeiten auf das Minimum zur Erzielung dieses Zweckes zu reduciren.

Als das beste hierfür geeignete Material lag das „Eisen“ nahe und wendeten die Constructeure bald das Langschwellen-, bald das Querschwellen-System an.

Der Verfasser ist kein Gegner eines guten Langschwellen-Systems, er zieht jedoch das Querschwellen-System vor.

Ursachen dafür hier noch anzugeben, erachtet er angesichts der vielfachen Behandlung, welche beide Systeme durch Fachmänner schon erfahren haben, für unnöthig, zumal er nicht in den Fehler verfallen will, mit dem Schlechten auch das Gute todtzureden, das jedes System unstreitig an sich hat.

Der Zweck dieser Zeilen ist demnach nicht eine, obschon sehr verlockende Kritik der bereits theils angewandten, theils gut erdachten Systeme, zu dem Behufe etwa, um das eigene System allen anderen voranleuchten zu lassen; der Verfasser will vielmehr hiemit nur eine Anregung nach einer der praktischsten Richtungen geben.

Der Ursachen, warum der eiserne Oberbau bisher zu keiner epochemachenden Geltung gebracht werden konnte, waren wohl viele; die durchschlagendsten Momente bildeten jedoch die grossen Anschaffungskosten. Zudem wollte nicht jede, selbst eine gut situierte Gesellschaft die Versuchskosten wagen, sondern man wartete, bis die Erfahrung, welche beim Eisen bekanntlich lange auf positive Resultate warten lässt, ein wirklich rationelles und gutes System ohne Risiko an die Hand geben werde.

Das vom Verfasser zur Sprache kommende System dürfte indessen bei den Bahnverwaltungen leichten Eingang finden; demselben werden wohl keine derlei Bedenken entgegengetreten und auch nicht gewisse Vortheile vor anderen Systemen abgesprochen werden können.

Bei jeder Bahn, die etwa zehn Jahre besteht, häufen sich Vorräthe an alten, ausrangirten und zum Befahren nicht mehr verwendbaren Schienen (Pauschschienen), deren Abgabe an die Eisenwerke zur Wiederverarbeitung für Eisenbahnzwecke, wegen der jetzt herrschenden und andauernden Calamitäten in der Eisenindustrie, nicht thunlich ist, da jedes Gewerk Ueberfluss an Rohmaterial, aber keinen Absatz für dasselbe hat. In Folge dessen lagern bei den Bahnen alte Schienen in den Depots und rosten, d. h. gehen mit der Zeit zu Grunde und belasten auf ungerechtfertigte Weise das Material-Conto, indem sie nach einem gewissen Einheitspreise in Evidenz geführt werden, ohne dass Aussicht vorhanden wäre, dieselben wenigstens einigermaßen zur Wiederverwendung im grösseren Maassstabe gelangen zu lassen.

Dieses Materiale unverändert zu benützen, wurde bisher bei Entwerfung neuer Oberbau-Systeme gänzlich unbeachtet gelassen, was im ökonomischen Interesse sehr bedauert werden muss, da die meisten Bahnen, welche die alten Pauschschienen nicht in eigenen Werkstätten zu anderen Zwecken verarbeiten können, mit der Zeit zu einem enormen Schienenpausch-Vorrathe kommen, der für sie nahezu werthlos ist.

Von diesem Gesichtspuncte geleitet, fasste der Antragsteller den sicher zeitgemässen Gedanken in's Auge, die alten, für andere Bahnzwecke sonst unbrauchbaren Schienen als Schienenträger zu benützen und selbe für die Zwecke des eisernen Oberbaues zugänglich zu machen.

Das Project will allerdings keinen Anspruch auf die

reinste Vollkommenheit machen, wird aber gewiss einen sehr nützlichen Impuls geben, weil es das Augenmerk der betreffenden berufenen Kreise in eine rationelle Richtung lenken wird. Dasselbe muss sich früher oder später unzweifelhaft für die Zukunft Bahn brechen und in grosser Ausdehnung zur Anwendung kommen.

Beschreibung des Systems.

(Blatt 21.)

Die Höhe der 7^m langen normalen Fahrschiene beträgt 12^{cm}, die Dicke des Steges 1·2^{cm}, die Breite des Kopfes 5·7^{cm}; die Breite des Fusses 11·0^{cm}. Die Aussenlasche muss am Fusse auf 177^{mm} Länge abgenommen werden, damit das Einlegen des Auflagerschuhs ermöglicht wird.

Die Fahrschiene liegt auf 8 Querträgern; die Entfernung der ersten zwei Querträger vom Schienenstosse beträgt 23·1^{cm}; von diesen sind die nächsten Querträger je 89·6^{cm} entfernt; der übrigbleibende Schienenthail ist noch durch 4 Querträger in je 95^{cm} Entfernung gestützt.

Die Querträger werden aus dem Pauscheisen-Materiale gewonnen und deren Länge beträgt 1·896^m, falls alte 18' lange Schienen in 3 Theile gehackt werden; der Querträger selbst ist daher eine einfache 23pfündige alte Eisenschiene, deren Höhe = 10·70^{cm}; die Dicke des Steges 2·1^{cm}; die Breite des Kopfes 5·7^{cm} und die Breite des Fusses 11·2^{cm} ist.

In vorliegender Darstellung ist das Profil der Lemberg-Czernowitzer Eisenbahn angenommen.

Da die alten 18fussigen Eisenschienen noch immer theilweise verwendet, d. h. auf 15fussige abgehackt, oder in den Reparaturwerkstätten ausgebessert werden können, so werden Schienen von 15' zu Querträgern, da sie zwei Stücke à 2·37^m Länge geben, zum besagten Zwecke noch besser entsprechen, obwohl selbe später auch als Wechselunterlagen Verwendung finden können.

Die Befestigung der Fahrschiene an den Querträgern geschieht durch zwei Winkellaschen aus Walzeisen an jedem Stützpunkte und durch drei Stück horizontale Schrauben.

Diese Winkellaschen sind an einem Ende an den Verticalrippen abgesägt und senkrecht abgebogen, welche Bedingung aber nicht absolut nöthig ist.

Ihre Breite beträgt 15·2^{cm}, ihre Höhe 9·6^{cm}, ihre Länge 50^{cm} und ihre kleinste Dicke 1^{cm}.

An jedem Stützpunkte ist eine der Steigung der Schiene entsprechend gewalzte Unterlagsplatte von 18^{cm} Breite, 21^{cm} Länge und der kleinsten Dicke von 7^{mm} befestigt.

Dort, wo die Aussenlaschen am Fusse abgehackt sind, sind aus einfachen Winkeleisen kleine 1^{cm} starke Auflagerschuhe für vier verticale Schrauben von 21^{cm} Spindeldicke zur Befestigung der Querträger an die Fahrschiene angebracht.

Sämmtliche Schrauben sind mit Arretirungsplättchen eigener Art versehen und können selbstverständlich alle Schrauben in gleicher Form und Dicke hergestellt werden. Um das Festhalten der Mutter sammt den Arretirungsplättchen zu ermöglichen, können die Auflagerschuhe eine etwa 0·3^{cm} hohe Rippe bei 0·5^{cm} starken Arretirungsplättchen erhalten.

Beschreibung der Gesamt-Construction.

Die Unterstützung der Fahrschiene ist dieselbe, wie sie sich, bezüglich der Vertheilung der Stützpunkte bei Verwendung von Holzschwellen, vorfindet.

Die Verbindung dieser Schienen an den Querträgern ist durchwegs eine solide, die verticalen Schrauben liegen auf den Auflagerschuhen auf, gehen durch diese und die Unterlagsplatte, sowie durch die Winkellasche durch, und verbinden alle diese genannten Theile zu einem Ganzen.

Durch diese Verbindung und durch die drei horizontalen Schrauben bildet die Fahrschiene mit den Querträgern einen festen unverrückbaren Körper, wodurch die sonst unvermeidlichen, mehr oder minder bedeutenden Schwankungen der Fahrbetriebsmittel verhindert werden. Die vier verticalen Schrauben können auch von oben durch die Schuhe, Platten und Winkellaschen eingeführt werden, und zwar durch Anbringung von länglichen Löchern und durch Umdrehen der Schrauben um 90 Grade.

Die Löcher in den Winkellaschen sind rechteckig; die vier Schrauben haben in dem unteren Spindeltheile auf die Höhe der Dicke der Winkellasche einen quadratischen Querschnitt.

Die Solidität des Querträgers und seiner Bestandtheile entspricht im hohen Maasse den Anforderungen an den eisernen Oberbau, verleiht diesem die nöthige Festigkeit und reducirt einseitige Setzungen auf das Minimum.

Durch Einlage der einfachen Auflagerschuhe wird die Längenverschiebung der Fahrschiene vollkommen verhindert.

Die Lochung für die Querschienen geschieht für Gerade und Bögen schon in der Werkstätte, zu welchem Behufe für letztere die zugehörigen Radien auf die Querschienen notirt werden.

Für eine Aenderung der Spurweite sind demnach nur die drei Löcher in der Querschienen entsprechend zu verschieben.

Hieraus ist auch zu ersehen, dass selbst Auswechslungen in Krümmungen auf eine sehr einfache Art und ohne bedeutende Arbeitsleistung bewirkt werden können, weil in diesem Falle die drei Löcher zur Aufnahme der horizontalen Schraubenbolzen nur um das Maass der, dem Krümmungs-Halbmesser entsprechenden Spurerweiterung mittelst Bohrratsche in jedes alte, 2^m lange Schienenstück vorgebohrt zu werden brauchen.

Das sehr leichte Legen und die sehr leichte Auswechslung der Querträger ist aus den Zeichnungen selbst ersichtlich.

Gegen die Temperatur-Verhältnisse, resp. Ausdehnung der einzelnen Bestandtheile, ist durch Freilassung des Spielraumes in den Lochungen vorgesorgt.

Die Höhe der Einschotterung reicht bis auf die Oberkante der Auflagerschuhe, wodurch also die Querträger auf 14^{cm} Tiefe eingebettet sind.

Gegen den Seitenschub wirkt nicht nur das Schotterbanquett an der Stirne des Querträgers, sondern in Folge der beiderseits an den Winkellaschen angebogenen senkrechten Flügel auch der 8·5^{cm} hohe, 30^{cm} breite und 120^{cm} lange eingeschlossene Schotterkörper.

Das Legen und Erhalten der Geleise geschieht nach denselben Normen wie bei Holzschwellen; es benöthigt viel weniger Auswechslungen und macht die Dixelung, die Dixelhaken, Bohrer, diverse Hämmer etc. entbehrlich.

Weitere Vorthelle des Systems.

1. Die dem ökonomischen Interesse entsprechende Verwendung von zur Reparatur ungeeigneten alten Schienen zu Querträgern.

2. Die Gesamtanordnung des eisernen Oberbaues ist im Principe dieselbe wie bei den Holzschwellen, daher die bei den letzteren gemachten Erfahrungen im hohen Maasse auch hier Geltung haben. — Aus demselben Grunde kann auch die Behandlungsweise dieses Oberbaues durch die gewöhnlichen Arbeiterpartien sehr bald erlernt werden, umsomehr, als bei diesem Oberbau-System theils nur dieselben Bestandtheile, theils in Form sehr verwandte vorkommen.

3. Da der Zusammenhang einzelner Theile zu einem compacten Ganzen ein fester und unverrückbarer ist, so ist auch die Erhaltung der constructiven Form des Oberbaues und Vermeidung aller Unregelmässigkeiten (besonders Deformationen der Krümmungen, Ueberscheitelung der Bögen etc.) leicht möglich.

4. Die Anwendung von Spurbolzen ist selbst bei starken Krümmungen unnöthig, wodurch auch jede grössere Schädigung des Oberbaues bei Entgleisungen etc. verhütet wird.

5. Die Herstellung dieses Oberbaues bei Brücken, allen Arten von Wecheln, Putzcanälen etc. unterliegt keinem Anstande.

6. Das System hat möglichst gleichartige Bestandtheile, deren Auswechslung keine Schwierigkeiten bereitet; alle Schrauben können einerlei Form und Stärke erhalten und werden dann mit einem Schlüssel angezogen.

7. Die Regulirung des Geleises (Ausrichten und Unterkrampen etc.) ist sehr leicht, weil alle Theile leicht zugänglich und stark gebaut sind, demnach beim Unterkrampen nicht leiden. Bei Auswechslungen wird das unterstopfte Auflager im kleinsten Maasse aufgerissen, weshalb auch die Erhaltung des Schienniveaus leichter möglich ist.

8. Die Erhaltung der Neigung der Schiene, sowie die der Spurweite ist eine unverwüthliche, weil erstere durch die geneigte Auflageform der Unterlagsplatten, die zweite durch die starken Querträger fixirt ist.

9. Wie bei allen Querschwellen-Systemen ist auch hier eine gute Entwässerung des Schotterplanums möglich.

10. Die sehr festen Querverbindungen gestatten ein ruhiges Befahren ohne Seitenschwankungen.

11. Das Nachtreiben, Lockerwerden und das seitliche Weiterdrücken der Hakennägel fällt gänzlich weg und ist das Anziehen der Schrauben in Folge Anbringung von eigenen Arretirungsplättchen nur im bescheidensten Maasse nothwendig.

12. Dadurch, dass Reservevorräthe an Holzschwellen entfallen, und dass ein etwa benöthigter Querträger durch das Abhacken und Bohren einer alten Schiene durch die

Oberbaupartie sofort an Ort und Stelle ersetzt werden kann, tritt eine Reducirung der Materialvorräthe in doppelter Richtung ein, wodurch auch weitgehende Anschaffungskosten vermieden werden.

13. Bei verfaulten Holzschwellen muss zu deren Auswechslung ein oftmals vorzüglich consolidirtes Schotterplanum aufgerissen werden, welcher Uebelstand bei dem projectirten eisernen Oberbau-Systeme anlässlich der besonderen Stärke der Querträger beinahe gänzlich vermieden wird.

14. Durch Zertheilung der Schienen in Stücke von 2^m Länge verlieren dieselben an Werth durchaus nicht, falls sie zurückgenommen werden.

15. Der Transport dieser Querträger zur Verwendungsstelle ist zum mindesten ebenso leicht und einfach, als jener der Holzschwellen.

16. Die Auflagerfläche pr. Current-Meter Geleise (2 Platten und Schienen) an der ungünstigsten Stelle beträgt mindestens 0.505 qm. Am Schienenstosse selbst, der schwächsten Stelle, beträgt die Auflagerfläche pr. Current-Meter Geleise 0.960 qm.

In der Schienenmitte.

Auflagerfläche eines Querschwellers:

2 Platten	2 (0.5 × 0.38) =	0.380 qm
Schienenfuss	1.896 × 0.112 =	0.212 qm
	Zusammen	0.592 qm
Ab 2 mal Theil à: 2 (0.5 × 0.112)		0.112 qm
	Rest	0.490 qm

Pr. Curr.-Meter Geleise nöthig 1.052 Querträger; weshalb Auflagerfläche pr. 1 Curr.-Meter Geleise in der Schienenmitte = 0.505 qm
Auflagerfläche pr. 1 Curr.-Meter Geleise am Schienenstosse = 0.960 qm

17. Diese Construction ist billig; denn aus der Vergleichung der Kosten für Eichenschwellen und für Eisen-schwellen resultiren folgende Daten, insoweit eine derartige Zusammenstellung bei den variablen Eisenpreisen zulässig ist.

- Anschaffungskosten für 1000 Curr.-Meter Geleise (System Oesterreicher) maximum 12000 fl. ohne Wechsel und Kreuzungen, ohne Schienen, ohne Schotter und bei schwebenden Stössen.
- Anschaffungskosten für 1000 Curr.-Meter Geleise mit Eichenschwellern unter denselben Bedingungen 2410 „
- Nachdem nun bei Annahme der Dauer für die eisernen Querschwellen mit nur 40 Jahren die Eichenschwellen in der angenommenen Zeitdauer der eisernen Querschwellen fünfmal ausgewechselt werden müssen, so ergeben sich im Entgegenhalt der beiden Systeme nachstehende Resultate.

Die Erhaltung der Geleise erfordert bei Holzschwellen für diese Zeit

An Materiale 4 × 1859 fl.	7436 fl. — kr.
An Arbeit sammt Znfuhr und Dixeln etc.	915 „ 20 „
Fürtrag	8351 fl. 20 kr.

Uebertrag . . . 8351 fl. 20 kr.

Pr. Jahr und Kilometer gehen durchschnittlich 130 Hakennägel und 17 Schrauben zu Grunde; Differenz mit Beziehung auf den Umstand, dass keine Hakennägel verwendet werden, deren Köpfe durch Nachtreiben abspringen

334 „ — „

In Folge Auswechslung der Schwellen leidet das feste Auflager derselben und erheischt grössere Auslagen für die Regulierung des Oberbaues.

Im Durchschnitte kommt die letztere pr. 1 Jahr und 1 Kilometer auf 295 fl., wovon mindestens 20% auf das Neuunterkrampen der Schwellenlager zu rechnen ist; mithin auf 59 fl.

Unter der sehr günstigen Annahme, dass innerhalb der ersten 8 Jahre gar keine Schwellenauswechslung vorgenommen würde, kostet allein die Herstellung des durch Schwellenauswechslung verdorbenen Oberbaues durch die restirenden 32 Jahre

1888 „ — „

Summa 10573 fl. 20 kr.

Binnen 40 Jahren kostet also der Schwellen-Oberbau pr. 1000^m 2410 fl. + 10573 fl. 20 kr. = 12983 fl. 20 kr., das ist noch mehr als die Anlage des eisernen und nur für 40 Jahre Dauer in Rechnung genommenen Oberbaues, durch den jedoch das Material-Conto von einer Post entlastet wird, die unter Umständen keine Verwendung zu einem anderen Zwecke zulässt.

Nachdem indessen die muthmassliche Dauer dieser Eisenschwellen mit mindestens 60 Jahren als richtig angenommen werden kann, so ergibt die Differenz von 20 Jahren zwischen der nur mit 40 Jahren in Rechnung genommenen Dauer der Querträger und deren thatsächlichen Dauer von 60 Jahren in Ansehung der Auswechslung und Erhaltungskosten der Eisenschwellen einen Reingewinn für eben diese Differenz von 20 Jahren.

18. Dieser Oberbau benöthigt ferner weniger Schotter als der Holzschwellen-Oberbau.

19. Die Erneuerung der Fahrschiene in Folge eines Defectes erzielt die Verwerthung der ausgewechselten Schiene als Querschienen; die defekte Querschienen wird wieder als Pauschisen rückgewonnen, ein gewiss nicht zu unterschätzender Vortheil, den kein bisheriges System nachzuweisen in der Lage ist.

20. Durch die Möglichkeit einer guten Entwässerung des Bettungsmaterials wird auch die Hintanhaltung von nachtheiligen Veränderungen an den Eisentheilen erzielt.

Erklärung der Zeichnungen.

Aus den Skizzen, Alternative A, auf dem beiliegenden Zeichnungsblatte 21, Fig. 1, zeigt Schnitt *AB* den Querträger im Querschnitte sammt der Ansicht der Fahrschiene am Schienenstosse.

Schnitt *CD* ist senkrecht und Schnitt *EF*, Fig. 4, horizontal durch die Fahrschiene geführt.

Weitere Skizzen auf diesem Blatte zeigen die Einteilung der Querträger vom Stoss zum Stoss. Fig. 9 u. 10.

Die Alternative B, welche sich ausschliesslich auf die Winkellasche erstreckt, unterscheidet sich von der besprochenen Construction durch die Verlegung der längeren Lagerfläche der Winkellasche zum Fusse des Querträgers und bietet durch die tiefere Bettung der Lagerfläche eine noch grössere Sicherheit in Folge Belastung durch die Schotterbettung.

Blatt 21, Fig. 2 zeigt Schnitt *AB* den Querträger im Querschnitte sammt der Ansicht der Fahrschiene am Schienenstosse.

Schnitt *CD* ist senkrecht durch die Fahrschiene.

Der etwaige Einwand, dass die Erzeugung einer zweimal gebogenen Lasche beim Walzen auf Schwierigkeit stossen könnte, wird dadurch behoben, dass diese Lasche vorerst nur mit dem kürzeren Flügel gewalzt zu werden braucht und der längere Flügel durch späteres Aufbiegen im warmen Zustande hergestellt wird.

Um die Herstellung dieser Laschenart zu vereinfachen, könnten die Ausmaasse der Auflageflügel mit Bezug auf ihre Breite kleiner gehalten werden.

In dieser Alternative ändert sich nur die Form und Grösse der Winkellasche und werden die zur Sicherung gegen den Seitenschub nöthigen Flügel durch Absägen der horizontalen Theile und durch Abbiegen des verticalen Theiles der Winkellasche gebildet.

Die Alternative C ist auf denselben Principien gedacht und unterscheidet sich von den beiden erstgenannten Varianten nur durch Verwendung von 20^{mm} in der Wandung starken Gusslaschen mit einer versteifenden Mittelrippe und mit nur zwei starken Kupplungsschrauben. Blatt 21, Fig. 3, zeigt Schnitt *AB* den Querträger im Querschnitte sammt der Ansicht der Fahrschiene am Schienenstosse.

Schnitt *CD* ist senkrecht durch die Fahrschiene.

Diese Construction kann jedoch nur im trockenen Körper und in Gegenden, die durch Fröste nicht viel leiden, vorzüglich werden.

Die Kosten pr. Kilometer werden sich um circa 1000 fl. höher stellen, als bei der Alternative A, da hier eine grosse Dicke der Wandung angenommen wurde.

Anwendung des Systems auf Wechsel und Kreuzungen.

Das bisher Gesagte behandelt die Geleisanlage im currenten Oberbau.

Dass dieses System auch eine gute Anwendung für Wechsel und Kreuzungen zulässt, zeigen die Skizzen auf Blatt 22.

Der Verfasser hat die Ueberzeugung, seine Aufgabe auch in dieser Beziehung mit Erfolg gelöst zu haben, indem er trachtete, die bei seinem Systeme in Verwendung stehenden Bestandtheile beizubehalten oder nur ganz unwesentlich zu ändern, und die ganze Construction des Wechsels lediglich an verwandte Bestandtheile der currenten Bahn anzuschmiegen.

Der Wechselständer, die Chairs, die Wechselplatte und die Drehplatte, die Lang- und die Querträger, die Winkellaschen, Schrauben und Auflagerschuhe, die Weichenzungen, sowie die Stockschiene bleiben dieselben.

Hieraus ist der Vortheil ersichtlich, dass ausser den

vorbezeichneten Bestandtheilen auch die Anwendung des ganzen Wechsels durch das System Oesterreicher beibehalten wird.

Der Wechsel ist in gleicher Art unterbettet, als es früher mit den Holzschwellen (Extrahölzer) der Fall gewesen ist; unterhalb der Wechselschiene und der Querschwellen läuft eine Langschwelle, damit dieser Bestandtheil des Oberbaues möglichst solid und fest sitzt.

Die ganze Auflösung ist, wie zu ersehen, sehr einfach und solid. Da die Versteifung des Wechselrostes mehr als genügend ist und die in der Zeichnung ersichtliche Auflage nicht benöthigt, so kann die unter den Querschwellen des Wechsels durchlaufende Langschiene blos mit dem Fusse unter die Querträger gewendet und an diese direct angeschraubt werden, wodurch auch die vielen am Langträger befindlichen Winkellaschen entfallen.

Bei Kreuzungen liegt das Schalengussstück auf einer schmiedeisernen Platte und diese ist auf Querschwellen gelegt, welche die weitere Befestigung bilden; hier wurden keine Langschwellen unterschoben, weil die Platte selbst und die um einen eisernen Querschweller vermehrte Unterlage hinreichende Auflage geben.

Desgleichen ist die Art und Weise der Leitschienen-Befestigung einfach, vortheilhaft und genau ersichtlich.

Allgemeine Vorthelle.

Der Einführung des vorstehend besprochenen Systems stehen besondere Hindernisse nicht im Wege, weil die Umwandlung des jetzigen Holzschwellen-Systems sofort durchgeführt werden kann ohne den derzeitigen Bestand zu stören.

Ist eine Holzschwelle schlecht, so schiebt man statt ihrer eine eiserne ein, und so gelangt man nach und nach zum eisernen Oberbau, was beim Langschwellen-System nicht möglich ist.

Es werden selbst die Kosten dieser Umwandlung auf das kleinste Maass herabgedrückt, abgesehen davon, dass die Handhabung des Oberbaues eine sehr leichte bleibt und den Verkehr der Züge nicht zu stören braucht.

Namentlich ist die Einführung dieses Oberbau-Systems dort von wesentlichem Vortheil, wo das Pauschisen zur Verwerthung weit weggeführt werden muss, weil dann der Preis desselben in loco gedrückt, und die grossen Frachtspeisen den Ankauf sehr erschweren oder unter Umständen gar unmöglich machen.

Herr Prof. Dr. E. Winkler spricht sich über dieses System folgendermassen aus:

„1. Die Idee, die alten, als Fahrerschienen nicht mehr verwendbaren Schienen (Pauschschienen) ohne vorheriges Umwalzen zur Construction eines eisernen Oberbaues zu verwenden, ist eine sehr dankenswerthe, und 2. die specielle hier angegebene Construction ist eine vollkommen fachgemässe.

Weiter sagt er:

Durch die Verbreiterung der Auflagerfläche der als Querschwellen verwendeten alten Schienen an den Enden derselben kommen sie der idealen zweckmässigsten Form des Querschwellen-Systems möglichst nahe. Die Verbreiterung der Auflagerfläche durch angeschraubte Walz- oder Guss-

eisenstücke ist besonders zweckmässig, weil hierdurch die Möglichkeit entsteht, gleichzeitig eine Auflagerfläche für die Schienen zu gewinnen.

Prof. Dr. E. Winkler hält indess die Alternative *B* für wesentlich besser als die Alternative *A*, weil bei ersterer die Auflagerfläche tiefer im Schotter liegt, während sie bei letzterer unmittelbar an der Oberfläche der Schotterbettung liegt, wo der Schotter in Folge der Erschütterungen etc. zu leicht ausweichen kann und hier auch wohl der Frost einen grösseren nachtheiligen Einfluss hat. Nur wird bei der Alternative *B* das Walzen der Winkel auf einige Schwierigkeiten stossen; jedoch ist das Walzen möglich, wenn der eine der horizontalen Schenkel nach der entsprechenden Ausbildung der Form in einem besonderen Kaliber der Walzen umgebogen wird. Ferner glaubt er, dass man die Breite der oberen Schenkel auf etwa 60^{mm} (statt 76·5^{mm}) und die der unteren Schenkel auf etwa 145^{mm} (statt 161·5^{mm}) reduciren kann. Die Alternative *C* mit Verwendung des Gusseisens dürfte weniger zu empfehlen sein, da sie mit Rücksicht auf die grössere Stärke der Gusstheile kaum billiger zu stehen kommen dürfte.

Die zur Verhütung von seitlichen Verschiebungen angeordneten Umbiegungen der verticalen Schenkel der Winkel dürften sich vielleicht ersparen lassen.

Auch die Anwendung dieser Construction auf Weichen und Kreuzungen hält er für rationell; jedoch glaubt er, dass man hier an den als Langschwellen angeordneten unteren Schienen die Winkel ganz ersparen könnte; die unteren Schienen würden dann natürlich umzukehren sein. Denn seiner Meinung nach hat die untere Schiene mehr den Zweck, eine grössere Steifigkeit in der Längsrichtung zu erzeugen, als die, eine grössere Auflagerfläche zu gewinnen.“

Sicherheitskupplung

mittels welcher das An- und Loskuppeln der Waggons von der Langseite derselben aus bewerkstelliget wird.

Von

Emil Schrabetz,
Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 23.)

Die Gefahr, welche das Verkuppeln der Waggons bei der jetzt gebräuchlichen Kupplungs-Einrichtung für das bedienende Personale in sich birgt, bedingt, dass bei dieser Operation stets mit sehr grosser Vorsicht vorgegangen werden muss.

Trotz der durch diese Vorsicht bedingten Opfer, welche namentlich in grösseren Rangirbahnhöfen fühlbar werden, indem nicht nur die Zugsrangirung mehr Zeit erfordert, sondern auch die Rangirgeleise länger besetzt bleiben, wird doch nicht der gewünschte Grad von Sicherheit erreicht, wie die statistischen Aufzeichnungen der bei der jetzigen Manipulation vorkommenden Unglücksfälle schlagend beweisen.

Das Bedürfniss, diesem Uebelstande abzuhefen, tritt um so prägnanter hervor, je grösser der Werth des einzelnen Individuums bemessen wird, je grösser der Verkehr bei beschränkter räumlicher Ausdehnung der Hauptstationen wird.

Schon seit lange geht daher das Bestreben der Fachmänner dahin, eine Einrichtung zu treffen, durch welche die Manipulation des An- und Loskuppelns rasch und gefahrlos durch das Personale vollzogen werden kann.

Der Constructeur musste vorweg den Kreis seiner Betrachtungen wesentlich einengen, indem vielleicht gerade die vom rein technischen Standpunkte gelungenste Lösung aus Opportunitäts-Rücksichten dennoch nicht zur Geltung gelangen könnte.

Nachdem Wagen, wenn dieselben auf fremde Strecken übergehen, mit Wagen der verschiedensten Gesellschaften in Verbindung gebracht werden müssen, so hat sich nach und nach für einzelne Constructionstheile eine allgemein bindende Norm ergeben, von welcher abzugehen kaum möglich ist, wenn man nicht die sofortige Reconstruction der Fahrbetriebsmittel aller in Beziehung stehenden Gesellschaften voraussetzt.

Bezüglich der Kupplung ist es daher erste Bedingung, dass eine Vereinigung mit Wagen einer älteren Kupplungseinrichtung in vollkommen sicherer, einfacher, jedem Personale sofort geläufiger Weise erfolge. Hilfsconstructionen für ein Uebergangsstadium sind complicirt und vermehren auch die Anlagekosten.

Nach dieser Beschränkung wären noch nachstehende Bedingungen für eine derartige Einrichtung maassgebend.

- a) Die Kuppel soll möglichst einfach sein, mit dem Bewegungs-Mechanismus in fester Verbindung stehen, so dass das Fassen der Kuppel an irgend einer bestimmten Stelle entfällt. Federn, Gegengewichte sind zu vermeiden.
- b) Eine Uebereinstimmung in der Länge der Zug-, Stoss- und Kupplungs-Einrichtungen, sowie in der Höhenlage derselben, soll nicht erforderlich sein.
- c) Das An- und Loskuppeln soll nach Belieben langsam oder schnell durchgeführt werden können, ohne dass ein Schleudern einzelner Theile nothwendig wird.
- d) Die Bedienung der Kuppel soll keine besondere Geschicklichkeit erfordern, so dass jeder gewöhnliche Arbeiter sofort den Mechanismus richtig functioniren lassen kann.
- e) Das An- und Loskuppeln der Waggons soll bei Nacht ohne Beleuchtung mit Sicherheit zu bewirken sein, und soll der Arbeiter sich die Ueberzeugung verschaffen können, ob die Kuppel sicher sitzt.

Nach diesem Programme wurde die vorliegende Kupplungs-Einrichtung projectirt.

Die eigentliche Kuppel besteht aus dem Gelenke $c d f$, Fig. 1, welches an dem durch den Zughaken gehenden Querbolzen c befestigt ist.

Der Gelenktheil $d f$ ist mit einer an der Stirnseite des Waggons befindlichen horizontalen Achse b derart verbunden, dass durch Drehung dieser Achse die Kuppel gehoben oder gesenkt werden kann.

Das Ende der Kuppel f wird bei dieser Drehung einen S-förmigen Weg in verticaler Ebene machen und über den Zughaken des zweiten Waggons zu stehen kommen, oder sich von demselben entfernen.

Bei veränderter, jedoch paralleler Lage der Achse b wird das Kuppelende, bei gleicher Länge aller übrigen Theile, ganz verschiedene Wege beschreiben.

Wird nun die Veränderung in der Stellung der Achse b derart begrenzt, dass einerseits die Curve, welche das Kuppelende beschreibt, sich über, andererseits unterhalb des Zughakens des zweiten Waggons befindet, wobei alle möglichen Stellungen des Zughakens, bei welchen überhaupt eine Kupplung stattfinden kann, berücksichtigt werden müssen, so ist es klar, dass bei verschiedenen Stellungen der Achse b das Kuppelende an alle Punkte gelangen kann, welche zwischen den beiden Curven liegen.

Um der Achse b dieses Spiel zu gewähren, ist diese mit der Achse a , welche drehbar, jedoch sonst unveränderlich an der Stirnseite parallel zur Achse b befestigt ist, derart verbunden, dass bei Drehung der Achse a die Achse b sich um diese bewegt, wobei jedoch die Achse b ganz unabhängig hievon gedreht werden kann.

Hat man die Drehung der beiden Achsen a und b in seiner Gewalt, so unterliegt es keiner Schwierigkeit, das Kuppelende über den Haken zu legen, respective von demselben zu entfernen.

Zu dem Zwecke wurden an diesen Achsen, ausserhalb der Puffer, beiderseitig die Hebel g und h angeordnet, mittelst welcher diese Bewegungen in bequemer Weise vorgenommen werden können.

Durch entsprechende Stellung dieser beiden Hebel wird das An- und Loskuppeln leicht und rasch selbst bei Nacht bewerkstelligt, indem aus dem Widerstande an beiden Hebeln zu entnehmen ist, wo der Kuppelring sich befindet.

Sowohl die Hauptform als auch das Functioniren der Kuppel berechtigen, diese mit einem Arme zu vergleichen, welcher einem Blinden angehört.

Wird diesem die Aufgabe gestellt, den Haken zu erfassen, so wird er den Arm erheben, um nicht an den zu erfassenden Gegenstand zu stossen, sodann denselben niederlassen. Hiebei wird er, um sicher zu fassen, sowohl das Heben als das Ausstrecken so weit treiben, als es die Dimensionen des Armes und ein praktisches Gefühl bedingen.

Soll der Arm den Haken verlassen, so wird er vorerst sich ausstrecken, um sich von der Hakennase zu entfernen, hierauf sich erheben und im Bogen zurückziehen.

Die Kupplungs-Einrichtung functionirt ebenso.

Wir wollen, um dem Vergleiche nahe zu bleiben, den Vorgang betrachten, wie derselbe des Nachts stattfindet.

Beim Ankuppeln werden beide Hebel, so weit es der Mechanismus erlaubt, gehoben, dadurch wird das Kuppelende die höchste Curve beschreiben und über den Haken zu liegen kommen, hierauf wird der Hebel h , sodann der Hebel g losgelassen, wodurch der Ring über den Haken fällt.

Ob dies auch wirklich zugetroffen, wird an dem Hebel g wahrgenommen, da derselbe nur innerhalb ganz enger Grenzen spielen kann.

Bei dem Loskuppeln wird der Hebel h angezogen und der Hebel g niedergedrückt, wodurch das Kuppelende an die Unterkante der Hakennase zu liegen kommt.

Lässt man nun den Hebel h etwas nach, so wird das Kuppelende an der unteren Seite der Hakennase hinaufgleiten, im Verlaufe der weiteren Hebung wird der Wider-

stand an dem Hebel g die entgegengesetzte Richtung annehmen, worauf beide Hebel, nachgelassen, sammt der Kuppel die tiefste Position erreichen.

Es erhellt daraus, dass dem Arbeiter durchaus keine besondere Geschicklichkeit zugemuthet wird, indem er nur rohe Bewegungen auszuführen hat, welche durch den Mechanismus begrenzt werden.

Bei der tiefsten Lage der Achse b , welche durch Anliegen der Hebel h an den Brustbaum fixirt wird, bewegt sich der Punct f , Fig. 1, in dem Stücke rs der tiefsten Curve. Nachdem beide Hebel angezogen worden sind, kann der Punct f , weil sich das Gelenk nur bis zu einem gewissen Grade zusammenklappen lässt, nur die Curve so beschreiben. Bei o liegt f schon über dem Kuppelhaken, der Hebel h befindet sich ungefähr in Pufferhöhe — die Stellung desselben wird wohl noch Einfluss haben auf die Form der Curve — das Endresultat wird aber davon nicht beeinflusst.

Wenn der am Hebel h auftretende Widerstand mit S und jener am Hebel g mit D bezeichnet wird, so ergeben sich bei den verschiedenen im Plane mit 1—11 bezeichneten Positionen des Kuppelendes f nachstehende Werthe (Kilogr.):

Position	S	D	Position	S	D
1	3.0	+ 2.7	7	2.6	+ 0.9
2	4.0	+ 2.7	8	7.0	— 13.1
3	4.0	+ 2.7	9	3.0	+ 1.8
4	3.0	+ 1.8	10	2.8	+ 1.8
5	1.0	+ 3.5	11	4.3	— 2.7
6	1.3	+ 3.5			

Mit Rücksicht auf das Gewicht der Kuppel von circa 25^{kg} (circa 1½^{kg} schwerer als die Vereinskuppel) sind die anzuwendenden Kräfte minim, und sind überdies die Angriffspunkte der Kräfte sehr bequem gelegen.

Der Widerstand D wird in den höheren Hebellagen negativ. Das Uebergewicht des Theiles ef über de ergibt bei d eine aufwärts wirkende Kraft, welche umsomehr an Einfluss gewinnt, je grösser der von den Gelenktheilen cd und df eingeschlossene Winkel wird.

Es erübrigt noch, das Verhalten der Kuppel während der Fahrt zu beleuchten.

Die Hängestangen, durch welche der Bolzen e mit der Achse b in Verbindung gebracht wird, lagern in konischen Löchern der Achse b .

Wird bei lateralen Schwankungen der Fahrzeuge das Kuppelende f , Fig. 2, in die Position f' gebracht, so gelangt der Bolzen ee in die Lage $e'e'$, die eine Hängestange wird die Achse b etwas herabziehen, die andere aber dieselbe durchdringen.

Diese Beweglichkeit kommt auch beim Kuppeln in Weichencurven zu statten, weil der Ring sich leicht dem Haken accomodiren kann.

Für den Fall als die Kupplung in Weichencurven von besonders kleinem Radius erfolgen soll, kann die Achse b in der Längenrichtung etwas verschoben werden, wodurch der Ring wohl genügend, nicht aber so weit verschwenkt wird, dass bei normaler Wagenstellung das Eingreifen gestört würde.

Die Detailconstruction der Kupplungstheile ergibt sich aus angeschlossener Tafel. Fig. 3 stellt den Bolzen d , Fig. 4 den Bolzen e in Ansicht und Schnitt mn vor. Der in die Bohrung des Bolzens d hineinragende Stift i greift in eine an der Unterseite der Schraubenspindel eingehobelte Nuth, wodurch eine Drehung der Spindel verhindert wird.

Das Anspannen und Nachlassen der Kuppel wird durch Drehung des Hebels k auf gewöhnliche Weise, und zwar in grossen Rangir-Bahnhöfen unmittelbar vor Abgang oder nach Ankunft des Zuges, während derselbe sich in Ruhe befindet, an sämtlichen Waggons vorgenommen.

Bezüglich der Bearbeitung der einzelnen Theile wurde angestrebt, dieselbe möglichst einfach zu gestalten.

An der eigentlichen Kuppel sind nur wenige Dreharbeiten auszuführen. Die Achsen a und b werden bloß aus Rundeisen adjustirt, da eine besondere Präcision durchaus nicht erforderlich ist.

Die Erhaltungsarbeiten sind kaum grösser als bei der jetzt in Verwendung stehenden Schraubenkuppel, indem die während der Zugtraction in Anspruch genommenen Theile einfach und solide construirt wurden, der Mechanismus zur Bewegung der Kuppel aber verhältnissmässig wenig in Gebrauch kommt, derselbe überdies, wie schon erwähnt, keine grosse Präcision erfordert.

Weltausstellung 1876 in Philadelphia.

IV. Die Kesselhäuser und die Haupt-Betriebs-Maschine für die Maschinenhalle.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 24.)

Einem Berichte der Herren Chef-Ingenieur Henry Pettit und Chef-Architekt J. M. Wilson der Centennial-Commission über die Kesselhäuser der Weltausstellung 1876 in Philadelphia entnehmen wir Folgendes:

(Siehe Orientirungsplan der Weltausstellung im Fairmount-Park.) Auf der Südseite der Maschinenhalle, von dieser nur durch einen (hauptsächlich für Kohlenzufuhr bestimmten) Schienenstrang getrennt, liegen die vier Hauptkesselhäuser Nr. 1, 2, 3 und 4, von denen zwei östlich, zwei westlich von der in der Mitte der Maschinenhalle angebauten Wasserwerks-Station disponirt sind.

Sämmtliche Kesselhäuser sind, wenn auch in den Details verschieden, doch gleichartig, nämlich im Charakter der Maschinenhalle selbst, durchgeführt: bis 1.52^m über das Terrain in Bruchstein-Mauerwerk, woran sich offenes Fachwerk mit Glasfüllung schliesst, dann ein Holzdach mit Zinkeindeckung, überragt von einem Ventilationsaufbau, dessen Seitenfenster um die Mitte drehbar sind.

Jedes dieser Häuser hat ein Kellergewölbe, welches mit einer Rampe bis unter das erwähnte Schienengeleise reicht, um so die Kohle direct vom Lowry ausladen zu können.

Ueber diesem Kohlenraum erstreckt sich, im Niveau des Ausstellungsplatzes, eine mit einem Geländer umgebene Plattform in das Innere des Kesselhauses, als Standpunct für die Besucher bestimmt.

Haus Nr. 1 (von Ost nach West gezählt) ist das englische Kesselhaus mit 11.00^m auf 22.40^m Grund-

fläche von Mauermittel zu Mauermittel rechtwinklig zum Hauptgebäude gelegen; der Fussboden (eine 0·15^m dicke Concret-Schichte) liegt 3·00^m versenkt, dort wo die Kessel eingebaut sind 3·90^m; hiezu gehört ein in der Tiefe von 5·18^m auf einem Balkenrost fundirter 4·72^m im Quadrat haltender Schornstein, der bis 1·52^m über Tage in Bruchstein, von da bis zur Dachgleiche in Ziegel ausgeführt ist und dann in einen schmiedeisernen Schlot von 17·7^m Höhe und 1·30^m lichter Weite ausgeht, gehalten von Drahtseilen; totale Zughöhe 28·00^m. Das Haus enthält drei Galloway-Kessel, jeder 8·53^m lang, 2·13^m Durchmesser, Bessemerblech von 0·01^m Stärke; hiezu zwei Feuerungen von 0·85^m Durchmesser bei 2·28^m Länge.

Kesselhaus Nr. 2 speist die Central-Corliss-Maschine, hat 12·70^m auf 24·38^m verbaute Fläche, liegt mit der langen Seite parallel der Maschinenhalle und hat zwei ornamental in Ziegelbau durchgeführte achteckige Camine von je 27·94^m absoluter Höhe.

Für den Fall, der täglich mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt, dass die Maschinenhalle nach Schluss der Ausstellung zu einem permanenten Ausstellungsgebäude adaptirt werden sollte, würde dieses Kesselhaus gleichfalls permanent werden.

Während die der Maschinenhalle zugekehrte vierte Seite des Gebäudes wieder die Galerie für die Besucher enthält, finden sich an den drei anderen Seiten im Innern 20 aufrechtstehende Corliss-Kessel von 70 Pferden jeder, mit den Caminen durch horizontale in feuerfesten Ziegeln ausgeführte Rauchzüge in Verbindung gebracht.

Die Dampfzuleitung von diesen Kesseln zu der grossen in der Maschinenhalle gerade am Verbindungspuncte zwischen der Hauptgalerie und dem südlichen Schiffe stehenden Central-Maschine besorgt ein doppelt genietetes (bei 0·46^m Durchmesser) 97·53^m langes Rohr.

Als anfangs nothwendigerweise die Frage erwogen werden musste, wie das sämtliche Maschinenwerk der Ausstellung zu treiben sei, wurde beschlossen, auf Kraftlieferung seitens der Aussteller sich gar keine Rechnung zu machen, sondern die Vorkkehrungen so zu treffen, dass die gesammte Ausstellung von der Direction selbst in Betrieb gesetzt werden könne, wenn schon selbstverständlich es sehr dankbar angenommen werden sollte, wenn Aussteller ihre eigene Betriebskraft liefern und verwenden wollten.

Unter obgedachter Voraussetzung offerirte das Centennial-Commissions-Mitglied des Staates Rhode-Island, Herr Ingenieur George H. Corliss, die Beistellung dieser Totalbetriebskraft durch Errichtung einer Monstre-Maschine von 1400 Pferdekraften, beiläufig gesagt also eine Pferdekraft für jeden Schuh Gebäude-Länge.

Zwar wurde eine Concurrenz ausgeschrieben, wonach die Betreibung sämtlicher Maschinen entweder von einem einzigen Motor und demgemäss von einer einzigen Welle aus, oder durch acht kleinere Maschinen in Aussicht genommen wurde.

Entsprechend der letzteren Modalität wären dann in den acht verschiedenen Theilen der Halle in sich getrennte Transmissions-Systeme anzuordnen gewesen.

Allein alle eingereichten Projecte mussten als ungenügend verworfen werden und so wurde schliesslich auf das ursprüngliche Project Corliss zurückgegriffen.

Am 14. Juni 1875 wurde mit der Arbeit begonnen und mit Stolz konnte am 10. Mai 1876, am Eröffnungstage der Centennial-Ausstellung, Präsident Grant diese „lebendige Kraft“ der Ausstellung durch einen leichten Fingerdruck zum ersten Male in ihrer gewaltigen Wirkung spielen lassen.

Dieser Motor ist eine Zwilling-Balancier-Maschine nach Corliss' System mit den neuesten Verbesserungen von je nominell 700, also zusammen von nominell 1400 Pferden; im Bedarfsfalle kann jedoch die effective Leistung auf 2500 Pferdekraften gesteigert werden.

Auf dem zur Aufstellung gewählten Platze, einem der besten der ganzen Halle, hat diese letztere eine Höhe von 21·33^m, so dass die Maschine, deren Balancier bis 11·88^m Höhe geht, bequem arbeiten kann.

Die Maschine, selbst eines der hervorragendsten Ausstellungs-Objecte, steht auf polirten eisernen Fundamentplatten, 16·76^m im Durchmesser, das Ganze 1^m über den Fussboden herausgemauert und alle Theile sind mittelst kleiner Treppen und Balkons zugänglich. Das colossale in der Symmetrie-Ebene angeordnete Schwungrad dürfte das schwerste Zahnrad der Welt sein. Es hat 216 Zähne, die mit grosser Accuratesse ausgearbeitet sind, so dass, wie versichert wird, trotz der 36 Umdrehungen per Minute die Maschine fast ganz geräuschlos läuft.

Die Haupt-Kegelräder sind mit Glaskästen überdeckt, so dass sie von den Besuchern bequem betrachtet werden können.

Das Totalgewicht der Maschine und allen Zubehöres beträgt 1,360.588 Pfund, also 607 Tonnen.

Man brauchte 60 Waggons zu je 10 Tonnen Tragfähigkeit, um die ganze Anlage von der Fabrik (Providence Works, Rhode Island) nach Philadelphia zu schaffen, und die Transportkosten betrugen 5442 Dollars 55 Cents, also nahezu 1000 Pfund Sterling, etwa 11.800 Gulden ö. W.

Der Anstrich ist in sehr gelungener Weise in ganz neutralen Tönen ausgeführt, von dem sich nur die beweglichen Theile blank polirt abheben, ähnlich der stehenden Dampfmaschine von Creuzot auf der Wiener Weltausstellung 1873.

Eine weitere Beschreibung der Maschine kann hier entfallen, nachdem eine solche inzwischen in Nr. 24 unserer Wochenschrift erschienen ist.

Haus Nr. 3 ist Kesselhaus und Maschinen-Ausstellungsraum zugleich, 36·58^m lang, 63·40^m breit, der Länge nach in zwei Theile getheilt und hat zwei schmiedeiserne Essen, ganz so ausgeführt, wie diejenige des englischen Kesselhauses Nr. 1.

Die östliche Hälfte des Gebäudes enthält einen Kesselraum 18·29^m bei 27·13^m, 3·00^m unter dem Niveau und im Hintergrunde einen Ausstellungsraum 18·29^m auf 36·27^m.

Die westliche Hälfte enthält vorn einen Maschinenraum (9·14^m auf 24·34^m), eine Schmiede (9·14^m auf 9·75^m), ein Magazin, eine Spenglerei (9·14^m auf 9·75^m) und eine

ebenso grosse Zimmermannswerkstatt mit einem 9·14^m langen und 4·88^m breiten zweiten Maschinenraum.

Rückwärts in dieser zweiten Abtheilung befindet sich ein 18·29^m langer, 29·26^m breiter Ausstellungsraum. Alle diese Werkstätten sollen Montirungsarbeiten und Reparaturen während der Ausstellung ermöglichen und hat die Generaldirection für alle derartigen Arbeiten einen Preistarif aufgestellt, aus dem wir nur einige Posten anführen:

Benützung der Kreissäge pr. Stunde	60 cents
„ des Dampfhammers pr. St. 1 Dollar 50 „	
„ der Hobelmaschine „ „	50 „
Maurerarbeit pr. Stunde	50 „
Ziegel pr. Tausend	19 Dollar
Ziegel in Cementmauerwerk extra . 5 „ etc. etc.	

Dieses Kesselhaus enthält acht verschiedene Kessel mit zusammen 700 Pferdekraften.

Das Kesselhaus Nr. 4 bedeckt eine Fläche von 18·29^m auf 63·40^m; hiervon ist der vordere Theil (18·29^m auf 29·26^m) auf 3^m vertieft und zu Kesselanlagen benutzt, während der restliche Theil (18·29^m auf 34·44^m) Ausstellungsraum bildet. Auch hier sind zwei eiserne Camine vorhanden ganz wie beim vorigen. Dieses Kesselhaus enthält fünf verschiedene Kessel nach dem Patent Weigand, Fennemich, Harrison, J. D. Lynde und H. D. Andreo mit zusammen 400 Pferdekraften.

Ausser den hier erwähnten gibt es noch zwei andere allerdings bedeutend kleinere Kesselhäuser, die gleichfalls mit der Maschinenhalle in Verbindung stehen.

Kesselhaus Nr. 5 speist eine Sägemühle westlich von der Maschinenhalle und ist 9·14^m breit, 14·63^m lang; hat einen schmiedeisernen Camin von 1·22^m Durchmesser und 18·29^m Höhe; der Fussboden hier ist nicht vertieft und sind in diesem Kesselhause zwei Kessel, nämlich ein Andersonscher Patentkessel zu 200 Pferden und ein Price'scher Patent-Röhrenkessel zu 80 Pferden untergebracht.

Das noch zu erwähnende Kesselhaus Nr. 6 steht mit dem Schuh- und Leder-Ausstellungs-Gebäude in Verbindung und liefert nur für dieses den Dampf. Es bedeckt 7·92^m auf 9·75^m bebauter Fläche, ist 1·83^m unter das Niveau vertieft und hat einen schmiedeisernen Schornstein mit Ziegelmauerwerk-Basis. Es enthält einen 60-pferdigen Röhrenkessel von J. B. Hoyt und Comp.

Zu dem Orientirungsplane der Ausstellung (Blatt 24) wäre noch kurz Folgendes zu erwähnen:

Sämmtliche grösseren Baulichkeiten auf dem Ausstellungsplatze, ausser den 5 Hauptgebäuden etwa 180 an der Zahl, erhielten von der Generaldirection eine officielle Nummer, welche in einem über dem Eingange zu jedem Gebäude wehenden Banner angebracht ist. Das Banner selbst ist weiss mit einer färbigen Kante und correspondirend mit der Farbe dieser Kante weht über dem Banner noch eine kleine Fahne, deren Farbe die Classe bezeichnet, in welche das Gebäude rangirt.

Es bezeichnet nämlich diese Fahne:

Blau: Gebäude, die von der Centennial-Commission errichtet wurden;

Roth: Gebäude der Vereinigten Staaten, resp. des Staates;

Weiss: Gebäude fremder Nationen;

Gelb: Restaurationen, Unterhaltungslocale;

Grün: Diverse Gebäude, welche speciellen Zwecken dienen.

Ausserdem aber ist in höchst sinnreicher Weise noch eine weitere Eintheilung der Gebäulichkeiten vorgenommen worden, indem man den oben erwähnten Nummern, je nach der örtlichen Lage im Ausstellungsplatze, verschiedene Farbe gegeben hat, und zwar:

1. blaue Nummern im Banner (von 1—50) tragen alle Gebäude, welche südlich von der Avenue der Republik liegen;

2. rothe Banner-Nummern (51—100) findet man bei allen jenen Gebäuden, die nördlich von der Avenue der Republik, jedoch noch westlich von der Belmont-Avenue liegen.

3. mit gelben Nummern (101—150) wurden alle jene Gebäude östlich von der Belmont-Avenue und nördlich von der Fountain-Avenue versehen, und endlich

4. weisse Banner-Nummern (151 bis 200) tragen die Gebäude östlich von der Belmont-Avenue, aber nördlich von der Fountain-Avenue.

Der Besucher ist also durch die Farbe der Fahne über dem Gebäude, resp. der Bannerkante sofort über den Zweck, resp. den Aussteller unterrichtet, während ihm die Farbe der Nummer vollständige Klarheit darüber gibt, in welcher Region des Ausstellungsplatzes er sich befindet.

Nach den bereits früher ausführlich beschriebenen fünf Haupt-Ausstellungsgebäuden ist unstreitig zu nennen: das Ausstellungsgebäude der Vereinigten Staaten-Regierung, welches, etwa zwei Morgen Landes bedeckend, gegen 60.000 Dollars gekostet und die Bestimmung hat, durch die Ausstellung von Gegenständen aus den verschiedensten Regierungs-Abtheilungen sowie der Smithsonian Institution die Verwaltung des Staates im Frieden und seine Hilfsquellen als Kriegsmacht dem Besucher vor Augen zu führen.

Mit diesem Gebäude gewissermaassen im Zusammenhange stehen, gleichfalls von der Regierung errichtet, das Muster-Militärspital und das grosse Laboratorium.

Von den einzelnen Staaten haben selbständige Gebäude errichtet: Arkansas, Connecticut, Delaware, Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Missouri, Nevada, New-Hampshire, New-Jersey, New-York, Ohio, Pennsylvania, West-Virginia und Wisconsin.

Von den fremden Nationen haben folgende eigene Häuser gebaut: Australien, Brasilien, Canada, Egypten, Deutschland, England, Japan, Marocco, Spanien, Schweden und die Türkei.

Besondere Erwähnung hiervon verdienen:

1. Die Häusergruppe des britischen Reiches, drei Gebäude umfassend, nahe dem Georg-Hill mitten in prächtiger Parkanlage errichtet.

Zwei dieser Häuser, im Style des 16. Jahrhunderts ausgeführt, dienen den Mitgliedern der britischen Commission theils zu Bureaux, theils zur Wohnung, während das dritte Arbeiter-Wohnungen mit Waschküche und Badhaus enthält.

2. Das deutsche Versammlungshaus, welches, die Bureaux der deutschen Commission enthaltend, den deutschen Ausstellern und Besuchern als Zusammenkunfts- und Mittelpunkt dient; es hat zwei kleine Annexgebäude, das eine für die Wein-Ausstellung, das zweite für eine Ausstellung chemischer Producte.

3. Das schwedische Schulhaus und

4. das japanische Wohnhaus, als Stajar eingerichtet, ganz wie 1873 in Wien.

Unter den Restaurations-Gebäuden wären zu erwähnen die grosse amerikanische Restauration mit grossem Garten, Concerten etc., die Trois Frères Provençaux, die Südstaaten-Restauration mit Neger-Capelle, die Schweizer Milchwirtschaft mit costümirten Sennerinnen, das Wiener Caffeehaus mit Wiener Bäckerei (von Gaff, Fleischmann & Comp. aus Cincinnati in Ohio) und dann etwas ganz Originelles:

New-Englands Blockhaus und moderne Küche der Miss Emmy Southwick aus Boston, wo Speisen und Getränke nach allen möglichen und unmöglichen Recepten verschiedener Jahrhunderte von jungen Damen in den entsprechenden Costümen zubereitet und verabreicht werden.

Unter den Gebäuden mit grüner Flagge wären zu nennen: 1. der Frauen-Pavillon, das Jury-Palais, das Gebäude der Empire Transport-Gesellschaft, das Wagen-Ausstellungs-Gebäude, das mit activen Bureaux versehene Ausstellungsgebäude der Centennial National-Bank, das Schuh- und Leder-Ausstellungsgebäude, das Gebäude der Photographen-Association etc.; von anderen hervorragenden Ausstellungsobjecten sind noch zu erwähnen:

1. Der Springbrunnen der katholischen Temperenzler hinter der Maschinenhalle, 11^m hoch und 33^m im Durchmesser, in der Mitte mit einer Colossalstatue Moses, 47^m hoch, welcher 50.000 Dollars gekostet hat und die Enthaltbarkeit puncto des Genusses geistiger Getränke glorificirt.

2. Das von Freimaurern (Loge B'nai B'rith) aufgeführte Monument der Religions-Freiheit mit einer Gruppe: eine colossale Frauengestalt in voller Rüstung (die Freiheit) vertheidigt einen Jüngling, eine Urne mit der heiligen Flamme haltend; zu Füssen eine Schlange unter den Krallen eines Adlers.

3. Dann endlich das riesige Columbus-Monument: Colossalstatue Columbus, stehende Figur, die rechte Hand ruht auf dem Globus, während die linke eine Seekarte hält; zu Füssen Taue und Anker.

Zum Schlusse möge noch eine tabellarische Uebersicht der Kosten der Ausstellung folgen:

Object	Angefangen	In der Hauptsache vollendet	Kosten in Dollars
Kunstgalerie	4. Juli 1874	31. Decemb. 1875	1,500.000.—
Maschinenhalle	7. April 1875	1. October 1875	792.000.—
Hauptgebäude	8. Mai 1875	31. Decemb. 1875	1,600.000.—
Blumenausstellungs-Gebäude	1. April 1875	31. Decemb. 1876	251.937.—
Agriculturhalle	15. October 1875	1. Februar 1875	300.000.—
Im Ganzen			4,443.937.—
Ausrüstung, Gartenanlagen etc.			2,280.913.—
Total			6,724.850.—

Es kosteten die Ausstellungen:

	Dollars	Anzahl der Besucher	Anzahl der Aussteller
1851 in London	1,464.000	6,170.000	17.000
1853 „ New-York . . .	500.000	600.000	4.800
1855 „ Paris	4.000.000	4,533.464	20.799
1862 „ London	2,300.000	6,211.000	26.348
1867 „ Paris	4,596.763	10,200.000	50.226
1873 „ Wien	9,850.000	7,254.867	70.000
1876 „ Philadelphia . .	6,724.850	?	?

Man darf auf die s. Z. an Stelle der Fragezeichen einzusetzenden Zahlen mit Recht gespannt sein, da dieselben nicht nur einen Schluss gestatten auf den finanziellen Erfolg des Unternehmens, sondern auch auf die Theilnahme überhaupt, welche sich dieser siebenten grossen Weltausstellung zugewendet haben wird, die gegen alles Erwarten nicht bestimmt sein sollte, den Epilog der internationalen Ausstellungen abzuschliessen.

E. R. Leonhardt.

Ueber die Bewegung der Luft in ventilirten Räumen, mit besonderer Rücksicht auf die Ventilation grösserer Versammlungssäle.

Vortrag gehalten am 13. November 1875 im österr. Ingenieur- und Architekten-Verein von

Theodor Hödl,
Architekt.

Die Bewegung der Luft in grösseren Räumen vom wissenschaftlichen Standpunkte zu beleuchten, hat seine Schwierigkeiten, denn die hiebei zu berücksichtigenden mannigfachen Erscheinungen in ihrer Abhängigkeit von einer Menge verschiedenartiger, zumeist variabler Factoren und ihrem hochgradig complicirten Auftreten, lassen sich auf Grund der bisherigen Forschungen noch keineswegs hinreichend erkennen und klarlegen.

Diesbezüglich brauchbare Resultate dürften kaum anders gewonnen werden, als auf der breiten Basis mehrfacher Reihen genereller und systematisch richtig durchgeführter

Untersuchungen, welche eben darum einen bedeutenden Aufwand mühevoller Ausdauer und namhafter Kosten erfordern würden.

Insolange aber ein tieferer Einblick in das Wesen dieser Erscheinungen und ein genaueres Erkennen ihrer ursächlichen Momente uns mangelt, wird sich das Capitel der Aerodynamik, betreffend die Bewegung der Luft in grösseren Räumen, auch noch für die Zukunft jeder theoretischen Behandlung entziehen.

Dagegen existiren andererseits doch schon so manche Erfahrungsergebnisse, die freilich in den verschiedenen Fachwerken nur eben so sporadisch und getrennt zu finden sind, wie sie einzeln und unzusammenhängend gewonnen wurden, welche aber, sobald man sie zusammenfasst und gehörig würdigt, für die Lösung gewisser praktischer Fälle einen hinlänglichen Anhalt zu gewähren vermögen.

Es werden daher diese Erfahrungen überall da, wo die Unternehmung von der Theorie im Stiche gelassen wird, gewiss umsomehr unsere volle Aufmerksamkeit verdienen und beanspruchen dürfen.

Von letzterer Erwägung ausgehend, werde ich mich zunächst mit einem Gegenstande beschäftigen, der bei jeder Ventilations-Anlage von hauptsächlicher Bedeutung ist, und dessen Disposition den Architekten ganz speciell als Künstler tangirt.

Ich meine die Ventilations-Oeffnungen.

Mag für eine auszuführende Bauanlage wer immer die eigentliche Ventilations-Einrichtung herzustellen haben, so wird doch stets die Bewältigung und Unterbringung des ganzen Leitungsapparates mit Inbegriff der etwaigen Motoren oder nothwendigen Feuerungen den ausführenden Architekten nur in seiner Eigenschaft als Constructeur beschäftigen.

Die Ventilations-Oeffnungen aber, als die einzigen für das grosse Publicum wahrnehmbaren Anzeichen von dem Vorhandensein einer Ventilations-Einrichtung, erheischen von dem Architekten, dass er ihnen auch als Künstler seine Aufmerksamkeit zuwende. Er wird sie entweder mit einer selbstständigen charakteristischen Fassung — Umrahmung — versehen, oder besser, schon bei der Conception seiner Interieurs gleichzeitig mit in Berücksichtigung ziehen, um sie als ein wohlberechtigtes Glied seiner Composition derselben harmonisch unterzuordnen und ihr in organischer Verbindung einzufügen.

Bei einer erst später erfolgenden Anordnung erweisen sich diese Oeffnungen nur zu häufig als höchst unpassende, in Bezug auf decorative Ausstattungen sehr störende Elemente.

Unter der Bezeichnung Ventilations-Oeffnungen sind jene Löcher oder Mündungen zu verstehen, welche in den Wandungen der zu ventilirenden Räume angebracht sind, mit der Bestimmung, einerseits den Zufluss, andererseits die Abströmung der nöthigen Luftmengen zu vermitteln.

Es sind sonach, je nach ihrer Aufgabe: Einströmungs- und Abströmungs-Oeffnungen zu unterscheiden.

Diese zweierlei Oeffnungen dienen zwar ganz entgegengesetzten Zwecken; es äussern sich jedoch die durch dieselben hervorgebrachten Wirkungen in dem gleichen

Sinne, d. h. nach einerlei Richtung, weshalb sie sich denn auch in ihren Leistungen wechselseitig unterstützen und ergänzen.

Leider wird diese Thatsache nicht überall gehörig erwogen und sohin auch der Vortheil noch oft ausser Acht gelassen, den man erzielen könnte, wenn diese beiden Oeffnungen gleichzeitig angeordnet würden; sogar in Fachkreisen hat die Erkenntniss von der Nothwendigkeit einer gleichzeitigen Anwendung dieser Oeffnungen erst in der letzteren Zeit allgemeiner Platz gegriffen.

Hielt es doch die Société centrale des architectes in Paris noch im Jahre 1868 für nothwendig, gelegentlich einer Reihe von Sitzungen, die speciell der Ventilationsfrage gewidmet waren, ausdrücklich auszusprechen und gewissermaassen als Beschluss hinzustellen, dass bei allen rationell angelegten Ventilations-Einrichtungen sowohl Einstromungs- als auch Abflussöffnungen angeordnet werden müssten.

Es ist aber, wie bekannt, um einen Raum zu ventiliren, durchaus nicht genügend, dass ein selbst bedeutendes Quantum Luft an irgend welcher frei gewählten Stelle in denselben eingeführt und eine ebenso grosse Menge an einem anderen beliebigen Orte daraus entfernt werde.

Der Effect einer jeden Ventilations-Anlage hängt ja doch ausser von der Intensität und Grösse der Strömung, womit der Luftwechsel bewirkt wird, vornehmlich auch noch von der Richtung ab, welche die erzeugte Luftströmung erhält.

Auf die Richtung der Ventilations-Strömungen wirken nur in erster Linie bestimmend:

- a) Die Temperatur-Verhältnisse, somit variable Grössen, und
- b) Die Ventilations-Oeffnungen zufolge ihrer relativen Lagen im Raume, welche für jede einmal getroffene Anordnung eine Constante ergeben.

Hieraus erhellt, von welcher ausserordentlichen Wichtigkeit dieses zu besprechende Detail für das Gelingen jeder Ventilations-Anlage an sich ist; sowie, dass die Herren Ingenieure, welche derartige Installationen vornehmen, gelegentlich der Austheilung der erforderlichen Oeffnungen, respective bei der Ortsbestimmung für dieselben, stets auf die Richtung der zu erzeugenden Strömungen bedacht sein müssen. Geschieht dies nicht, wie es leider häufig der Fall zu sein scheint, so schießt man eben einfach in's Blaue!

Freilich lassen sich in Bezug auf die zweckentsprechendste Anbringung der Ventilations-Oeffnungen keine für alle Fälle gültigen Angaben machen, sondern es wird die Lösung dieser Frage je nach der Verschiedenheit des Falles variiren müssen; doch wird es immer möglich sein, für jede einzelne bestimmt gestellte Aufgabe die entsprechende Lösung zu finden.

Der Fall, von dem hier die Rede sein soll, betrifft die Anlage der Ventilations-Oeffnungen zum Zwecke der Lüfterneuerung in grösseren Versammlungssälen.

Diesen analog zu behandeln wären:

Sitzungssäle,
Concertsäle,
Gerichtssäle,
Aulen etc.

Ueber das „Wo“, d. h. die Stellen, an welchen die Ventilations-Oeffnungen angebracht werden sollen, ist durch eine Umschau bei den verschiedenen Autoren gewiss nicht leicht irgend eine befriedigende Orientirung zu gewinnen; denn man begegnet da den divergirendsten Meinungen.

Beispielsweise verlangt bezüglich der

Anlage der Einstromungs-Oeffnungen:

Péclet dieselben für Sitzungssäle am Fussboden. Band III, pag. 146 und 153.

Morin will sie immer und in allen Fällen an der Decke oder in deren Nähe angebracht. Band I, pag. 123.

Wolpert gibt als Orte für dieselben an: bei Zuführung wenig erwärmter Luft, den Fussboden, pag. 221, und wenn die Ventilation mit Luftheizung verbunden ist, 6 bis 7' über dem Boden, also nahe die halbe Höhe der Seitenwände. Pag. 263.

Joly sagt nur, sie sollen möglichst entfernt von den Abflussöffnungen angelegt werden, welche ihrerseits in der Nähe der Quellen der Luftverderbniss anzubringen sind.

Degen wünscht sie im Allgemeinen am Fussboden, pag. 64, weil er aber Heizung und Ventilation nicht trennt, verlangt er sie mit Morin an der Decke. Pag. 75.

Diese Angaben sind wohl nur darum so verschiedenartig und auseinandergehend, weil die betreffenden Autoren bei Beurtheilung der Sachlage nahezu die entgegengesetzten Standpunkte einnehmen, je nachdem sie sich mehr oder weniger voreingenommen zeigen für das Aspirations- oder für das Pulsions-system, und je nachdem sie die Heizung von der Ventilation trennen, oder aber als zu einem einzigen Systeme verbunden voraussetzen.

Um nun aus diesem Irrgarten verschiedener Ansichten wieder heraus und zum rechten Ziele zu gelangen, muss man sich klar vor Augen halten, worauf denn die Ventilation in ihrer Wesenheit eigentlich beruht.

Gelänge es, die verdorbene Luft aus einem Raume derart zu entfernen, dass sie veranlasst würde, in dem Maasse ihres Entstehens sogleich schichtenweise abzuziehen, und vermöchte man es, als Ersatz eine gleiche Menge reiner frischer Luft ganz ruhig, das heisst eben so schichtenweise einzuführen, so wäre damit gewiss die entsprechendste und vollständigste Lüfterneuerung bewerkstelligt.

Soferne aber ein solch idealer Vorgang nicht erreicht werden kann, muss wohl unbedingt die Ventilation darauf beruhen, zwischen der verdorbenen Luft des Raumes und der zugeführten reinen frischen Luft eine möglichst innige und gleichmässige Mischung zu veranlassen, um auf diese Weise wenigstens eine hinreichende Verdünnung der organischen und mephytischen Bildungen zu erzielen, welche durch den Respirations- und Perspirations-Process, sowie durch die Beleuchtung in die Luft ausgeschieden werden.

Findet nun die angestrebte Mischung bei den heute in Anwendung stehenden Systemen auch wirklich statt?

Diese Frage lässt sich im Allgemeinen nicht beantworten.

In Betreff specieller Fälle aber wird man, um hierüber Aufschluss zu erhalten, die Bewegungs-Erscheinungen der Luft in den bestimmt gegebenen Räumen und zufolge der

daselbst vorhandenen Dispositionen, insoweit es thunlich ist, zu verfolgen haben.

Ich werde mir also erlauben, von diesem Gesichtspuncte aus und an der Hand der eingangs erwähnten Erfahrungen, vorerst die üblichsten Ventilationsweisen in aller Kürze zu besprechen und dann bezüglich diesfalls dienlicher Anordnungen der Ventilations-Oeffnungen zum Schlusse Vorschläge zu machen, die, wie alle folgenden anderweitigen Betrachtungen, auf nachstehende allgemeine Grundsätze sich stützen.

1. In jedem Raume tritt Bewegung der Luft ein, sobald sich daselbst Temperatur-Unterschiede ergeben.

2. Diese Bewegung wird beeinflusst von etwaigen Impulsen, welche äussere Kräfte der Luft mittheilen.

3. Bewegte Luft verfolgt stets die Flächen, worauf sie trifft, ohne von denselben reflectirt zu werden.

4. Luft, welche in's Freie ausströmt, bewegt sich nach Curven, von denen General Morin einige für specielle Fälle fixirt hat.

Betreffs der Bewegung der Luft in Folge von Temperatur-Unterschieden, die sich in einem Raume ergeben, ist zu bemerken, dass die bewegende Kraft nie in der warmen Luft liegt; sondern dass es stets die kältere, dichtere Luft ist, welche die wärmere, specifisch leichtere verdrängt.

Dieses Verdrängen geschieht zumeist vertical nach aufwärts, da die Seitendrucke als gleich gross sich gegenseitig aufheben und sohin in der Regel nur der von unten wirkende Druck als Auftrieb vorwiegt.

Dadurch wird also die wärmere Luft gegen die Decke emporgehoben und daselbst in isothermen Schichten gelagert erhalten; selbstverständlich aber nur insoweit als keine abkühlend wirkenden Seitenflächen vorhanden sind.

Ein kleines sehr drastisches Beispiel hievon bringt, wenn auch zu einem anderen Zwecke, Dr. J. Berger in seiner Broschüre: „Moderne und antike Heiz- und Ventilations-Methoden.“

Er sagt:

„In einem Zimmer von 20' Länge, 10' Breite und 11' Höhe steht in einer Ecke der Länge nach, dem (einen) Fenster gegenüber, ein gusseiserner Ofen. Bei einer Temperatur von -2° R. im Freien zeigte ein vor der Wärmestrahlung des Ofens geschütztes Thermometer:

1' vom Ofen entfernt:	In der Mitte des Zimmers:	1' vom Fenster entfernt:
an der Decke 23°	20.5°	19°
am Boden . 12°	11°	10.5°

Es hat also bei der nur geringen Höhe von 11' die Luft an der Decke nahezu noch einmal so viel Réaumur'sche Grade als am Fussboden.“

Nach Pécle's Messungen hatte die durch Lusteröffnung abziehende Luft:

In der Opéra Comique	26°
im Théâtre de la gaïeté	$28-30^{\circ}$
„ „ du palais royal	$30-35^{\circ}$

(Fortsetzung folgt.)

C. Wagner's Tachygraphometer.

Von

Professor Dr. W. Tinter.

(Schluss.)

b) Eigenschaften der mit der Kippregel verbundenen Lineale, beziehungsweise der Lage des Nullpunctes ihrer Theilungen.

Sämmtliche Lineale sollen mechanisch genau gearbeitet, d. h. die Kanten sollen geradlinig und die Flächen eben sein.

Lineale R_1 und R_2 .

7₁. Die obere Fläche des Lineals R_2 , welche die Bewegungsrichtung des Schiebers S' angibt, soll der optischen Axe parallel sein, d. h. die horizontale Lage haben, wenn die optische Axe horizontal ist.

7₂. Bei horizontaler Lage der unteren Begrenzungsfläche der Fussplatte und bei horizontaler Lage der optischen Axe soll sowohl die obere Fläche des Lineales R_1 , welche dem Projectionswinkel als Unterlage dient, als auch die obere Fläche des Lineales R_2 , welche die Bewegungsrichtung des Schiebers S' abgibt, horizontal sein; bei dem letzten Lineale ist dann auch die obere Fläche zur optischen Axe parallel.

Um die parallele Lage der oberen Fläche des Lineales R_1 zur unteren Fläche der Fussplatte zu prüfen, stelle man die mit dem Dreifusse verbundene Kippregel horizontal, und sehe nun nach, ob die in sich berichtigte Aufsatzlibelle L_2 auf der oberen Fläche des Lineales R_1 als Unterlage einspielt; ist dieses der Fall, so ist die Eigenschaft erfüllt; zeigt aber die Libelle einen Ausschlag, so muss die Neigung der oberen Fläche des Lineales R_1 gegen die Fussplatte geändert werden, was nur an den Befestigungstheilen durch Abschleifen oder durch Unterlegen von Papier zwischen diesen Theilen und der Fussplatte geschehen kann.

Die richtige Lage der oberen Fläche des Lineales R_2 kann auch mit der Libelle L_2 untersucht werden. Man stellt die optische Axe mit Hilfe der Fernrohrlibelle L_1 horizontal und beobachtet die auf die obere Fläche von R_2 gesetzte Libelle L_2 , ob auch diese einspielt. Ergibt sich dieses, so ist das Lineal R_2 in Ordnung; im Gegentheile muss der sich zeigende Ausschlag an der Libelle durch Aendern der Unterlage mit Hilfe der beiden an der Objectivseite angebrachten Correctionsschraubchen s_2 weggebracht werden. (Fig. 2.)

Man kann nach Durchführung der Prüfung dieser beiden Eigenschaften noch eine Controle über die Richtigkeit mit Hilfe des Projectionswinkels herstellen.

Stellt man nämlich den Projectionswinkel an dem einen Ende der oberen Fläche des Lineales R_1 auf, so wird sich aus den an den beiden Nonien N_4 und N_5 an der Höhenscale gemachten Ablesungen eine gewisse Differenz dieser beiden Lesungen ergeben.

Schiebt man dann den Schieber S' und den Projectionswinkel an das andere Ende des Lineals R_2 , beziehungsweise R_1 , so muss die aus der Lesung an denselben Nonien N_4 und N_5 gefolgerte Differenz dem Werthe und dem Zeichen nach der früher ermittelten Differenz gleich sein.

c) Eigenschaft des Projectionswinkels.

8. Die äussere Kante der T Höhenscale muss zur oberen Fläche des Lineales R_1 senkrecht stehen.

Die Untersuchung dieser Eigenschaft kann mit Hilfe eines guten rechtwinkligen Dreieckes, welches mit der einen Kathete auf die obere Fläche des Lineales R_1 aufgesetzt wird, durchgeführt werden. Der vorgeschobene Projectionswinkel muss mit seiner äusseren Kante an der zweiten Kathetenfläche des aufgesetzten Dreieckes vollkommen anliegen. Eine sich zeigende Abweichung kann dadurch verbessert werden, dass die am spitzen Winkel des Projectionswinkels befindliche Rolle ρ_1 mit Hilfe der beiden Schraubchen s_3 entsprechend bewegt, d. h. gehoben oder gesenkt wird.

Man kann auch dieselbe Prüfung durch Umkehren des Projectionswinkels auf der oberen Fläche des Lineales R_1 und Zuhilfenahme des drehbaren Nonius N_4 vornehmen.

9. Bei paralleler Lage der beiden Lineale R_1 und R_2 soll der an der Höhenscale angebrachte Nonius N_5 eine so viel grössere Höhe als der Nonius N_4 angeben, als die constante angenommene Instrumentenhöhe J niedriger ist, als die constante Signalthöhe V , und zwar in dem betreffenden Verjüngungsverhältnisse.

Die constante Signalthöhe ist der Abstand des Zielpunctes an der Distanzlatte vom Fusspuncte derselben und hat den Werth 1.5^m .

Ist die constante Instrumentenhöhe J zu 1.25^m gewählt, so muss der Nonius N_5 die Höhen um $1.50 - 1.25 = 0.25^m$ grösser angeben, als der Nonius N_4 . Durch Versetzen des Nonius N_5 kann diese Forderung erfüllt werden.

Nimmt man den Unterschied $J - V$ jedesmal in Rechnung, dann muss bei horizontaler Lage der Lineale R_1 und R_2 der Nonius N_5 dieselbe Höhe wie N_4 angeben. Eine etwa nöthige Berichtigung geschieht an N_5 .

10. Untersuchung, ob die Nullpuncte an den Nonien N_1 , N_2 und N_3 die richtige Lage haben.

Bekanntlich sollen der Nonius N_2 , der Nonius N_1 und N_3 die Lesung Null zeigen, wenn die beiden Lineale R_1 und R_2 zu einander parallel sind und der Projectionswinkel so gestellt ist, dass die senkrecht zur oberen Fläche des Lineales stehende Kante in der durch die horizontale Drehaxe gelegten Verticalebene sich befindet.

Nach Horizontalstellung des Instrumentes bringe man auch die Fernrohrlibelle L_1 zum Einspielen, so sind die beiden Lineale R_1 und R_2 mit ihren oberen Flächen zu einander parallel. Dann bringe man den Schieber S' in eine solche Stellung, dass man annehmen kann, die Drehaxe p des Nonius N_4 befinde sich in der durch die horizontale Drehaxe gelegten Verticalebene, schiebe den Projectionswinkel vorsichtig an die Anschlagkante des Nonius N_4 an, und lese den Stand des Nonius N_1 ab; es ergebe sich etwa a . Schlägt man hierauf das Fernrohr nach dem Zurückziehen des Projectionswinkels durch, stellt die optische Achse wieder horizontal und schiebt den Projectionswinkel an den in seiner Stellung nicht geänderten Nonius N_4 an, so soll sich dieselbe Ablesung a am Nonius N_1 ergeben, wenn die Drehaxe p , bezüglich die Anschlagkante des Nonius N_4 die verlangte Lage hat. Würde man aber

a' gefunden haben, so entspricht offenbar der Lesung $\frac{a + a'}{2}$ jene Stellung des Projectionswinkels, bei welcher

die Kante an der Höhenscale in der durch die horizontale Drehaxe gelegten Verticalebene sich befindet; stellt man demnach den Nonius N_1 auf diese Lesung ein, so muss die Lesung an dem Nonius N_2 , nachdem der Nonius N_4 an den Projectionswinkel angeschoben wurde, ebenso die

Lesung am Nonius N_3 , sowie auch die Lesung $\frac{a + a'}{2}$ am Nonius N_1 der Nulle gleich sein.

Ist die Correction wegen der additionellen Constanten c am Nonius N_2 durchgeführt worden, so muss, wenn die Drehaxe p des Nonius N_4 in der durch die horizontale Drehaxe gelegten Verticalebene sich befindet, und wenn der Projectionswinkel an den Nonius N_4 angeschoben wird, die Lesung am Nonius $N_2 - \frac{c}{n}$, die Lesung am Nonius N_1 und N_3 aber der Nulle gleich sein. Die Nonien N_1 und N_2 können sämmtlich verschoben werden, da die Befestigungsschraubchen durch längliche an den Nonien angebrachte Schlitzen hindurch gehen und ihre Muttergewinde in anderen Instrumenttheilen finden, wodurch die geforderte Bedingung erfüllt werden kann. Bei N_1 ist ein Plättchen am Schieber S'' verstellbar.

d) Eigenschaften des Kartir-Apparates.

Die richtige Lage des Nullpunctes des Nonius N_3 , welcher am Schieber S'' angebracht ist, wurde schon in Nr. 10 besprochen.

11. Wenn der Nonius N_3 an der Theilung auf R_3 die Lesung Null zeigt, soll die Punctirnadel v mit der Mitte der im Centrirstäbchen angebrachten Oeffnung zusammenfallen, wenn das Centrirstäbchen an den segmentförmigen Ausschnitt an der Fussplatte angeschoben wird.

Man stellt den Nullstrich des Nonius N_3 auf den Nullstrich der Theilung des Lineales R_3 ein, schiebt die Platte P mit dem segmentartigen Ausschnitte an den Kopf des über einen bezeichneten Punct gelegten Centrirstäbchens an, und drückt die Nadel nieder; bei erfüllter Forderung fällt der so bestimmte Punct mit der Mitte der Oeffnung, also mit dem angenommenen Puncte zusammen; im Gegenfalle wird der Fehler dadurch behoben, dass das Plättchen Q am Schieber S'' , welches den Cylinder mit der Nadel trägt, verstellt wird. Die Verschiebung des Plättchens Q kann parallel und senkrecht zur Kante der Fussplatte vorgenommen werden, wodurch die ausgesprochene Eigenschaft strenge zu erfüllen möglich wird. Die Befestigungsschraubchen des genannten Plättchens gehen durch die in diesem angebrachten länglichen Schlitzen frei hindurch, und finden ihre Muttergewinde in der bezüglichen Unterlage.

Hinsichtlich der Lineale wäre noch zu erwähnen, dass bei R_1 und R_2 die vorderen, die Theilung tragenden Flächen, bei R_3 die vordere Kante zur Visirebene parallel sind.

Die Adjustirung der Lineale, damit selbe der ausgesprochenen Forderung nachkommen, kann von Seite des

Mechanikers mit dem ihm zu Gebote stehenden Hilfsmittel leicht durchgeführt werden.

Hat der Beobachter zwei kleine entsprechend gestaltete Diopter, so wird er die Untersuchung der genannten Eigenschaft der Lineale nach bekannten Regeln vollziehen können.

Anwendung des Instrumentes bei verticaler Lattenstellung.

Bei einer Aufnahme wird es für einzelne Punkte nicht möglich sein, die Latte senkrecht zur mittleren Visur zu halten; in solch' einem Falle lässt man die Latte vertical halten, ermittelt den Lattenabschnitt B , welcher sich in einer den Verhältnissen entsprechend gewählten Zenithdistanz z der mittleren Visur ergibt, stellt den Nullpunkt des Nonius N_2 auf $\frac{C \cdot B}{n}$ an der Theilung R_2 ein, projicirt diese Länge auf R_1 , wodurch sich bei der Ablesung an N_1 auf R_1 der Werth $\frac{C \cdot B}{n} \cdot \sin z = \Delta'$ ergibt; wird dieser Werth neuerdings auf R_2 eingestellt und wieder auf R_1 projicirt, so ergibt sich nunmehr durch Ablesen an der Theilung R_1 oder durch Niederdrücken der Nadelspitze die verlangte Horizontaldistanz im entsprechenden Verjüngungsverhältnisse, nämlich:

$$\Delta = \frac{C \cdot B}{n} \cdot \sin^2 z.$$

Wenngleich im Allgemeinen gesagt werden muss, dass das Verticalhalten der Latte sicherer als das Senkrecht halten derselben zur mittleren Visur geschehen kann, so wird dieser Vortheil für die Genauigkeit durch das zweimalige Projiciren, um zur Kenntniss der Horizontaldistanz zu gelangen, wieder aufgehoben. Auch kommt zu berücksichtigen, dass der Einfluss eines Fehlers in der verlangten Stellung der Latte verschieden auf den Fehler in der Distanzmessung wirkt; bei verticaler Stellung der Latte wächst dieser Fehler mit der Abnahme der Zenithdistanz der mittleren Visur bedeutend, während er für die Lattenstellung senkrecht zur mittleren Visur für alle Verticalwinkel beinahe constant ist.

So wird z. B. mit dem Tachymeter Nr. 3406 (siehe später) bei vertical gehaltener Latte der Fehler in der Horizontaldistanz, wenn die Latte um $0^\circ 50'$ von der verlangten Lage abweicht, bei einem Lattenabschnitte von 2^m bei horizontaler mittlerer Visur 0.04^m , bei der Neigung der mittleren Visur gegen die Horizontale um 33.3° aber schon 1.54^m betragen. Wird die Latte senkrecht zur mittleren Visur gehalten, und weicht selbe um 0.5° hievon ab, so beträgt der Fehler in der Horizontaldistanz bei horizontaler mittlerer Visur 0.04^m , bei um 33.3° geneigter mittlerer Visur 0.03^m . Würde die Latte um 5.7° von der senkrechten Stellung zur mittleren Visur abweichen, so wäre der hierdurch hervorgerufene Fehler in der Horizontaldistanz auch nur 1.55^m .

Alle gemachten Versuche in der Construction von Seite des Herrn Wagner als auch des Herrn G. Starke, um bei vertical gehaltener Latte die Horizontaldistanz zu

erhalten, führten zu Complicationen und auch zu einer zweimaligen Projection; sie wurden daher immer wieder fallen gelassen.

Dazu kommt noch der weitere Umstand, dass man bei vertical gehaltener Latte auch nicht immer zum Ziele gelangt, weil der sichtbare Lattentheil zu klein ist, um von den Visuren über die distanzmessenden Fäden, selbst mit Beiziehung des Mittelfadens, getroffen zu werden. Dann wird die Stampfer'sche Messschraube erspriessliche Dienste leisten; bringt man selbe nicht nur an der Verticalbewegung, sondern auch an der Horizontalbewegung an, so wird man, wenn bei verticaler Lage der Latte kein Beobachtungsergebnis gewonnen werden kann, die Latte horizontal halten lassen, und so zum Ziele kommen.

Ich erfülle an dieser Stelle gerne die Pflicht, einerseits dem Herrn C. Wagner für die Mittheilung der mit diesem Instrumente gemachten Erfahrungen, andererseits dem Herrn Ober-Ingenieur C. Büchelen, welcher die Freundlichkeit hatte, mir sein Instrument, mit welchem er Tracéstudien in der Türkei und in der jüngsten Zeit auf der Linie Pöchlarn-Gaming zur grössten Befriedigung ausgeführt hat, zuerst zu zeigen, den wärmsten Dank auszusprechen.

Anhang.

Am Eingange dieser Abhandlung habe ich schon erwähnt, dass das Tachygraphometer bisher von Otto Fennel in Kassel verfertigt wurde. Nach Erwerbung des Privilegiums des Herrn C. Wagner in der österreichisch-ungarischen Monarchie wurde mit der ausschliesslichen Ausführung derartiger Instrumente in diesem Staate die Firma Starke und Kammerer betraut.

G. Starke hat nun einige wesentliche, meist nach der Erfahrung von Wagner als nothwendig erkannte Aenderungen in der Construction vorgenommen, welche hier noch Erwähnung finden sollen. Diese Aenderungen sind in den Figuren IX, X, XII und XIII dargestellt.

Das Stative ist in der bei dem Tachymeter von G. Starke angewendeten Form ausgeführt *); die Holzscheibe ist jedoch weggeblieben und der Dreifuss des Instrumentes wird direct auf das mit den Füßen in Verbindung stehende Segment aus Metall aufgestellt. Die Stabilität dieses Statives ist anerkannt grösser als bei dem Charnierstative.

Die Verbindung des Dreifusses mit dem Stative wird auf eine bequemere Art dadurch erzielt, dass die verticale Axe E mit dem Dreifusse D , das Federgehäuse g , sammt der Feder J mit dem Stative verbunden bleibt. Fig. IX.

Uebrigens kann auch die Construction des Dreifusses für die schon bekannte Art des Tachymeterstatives, welches eine genaue Centrirung gestattet, ausgeführt werden.

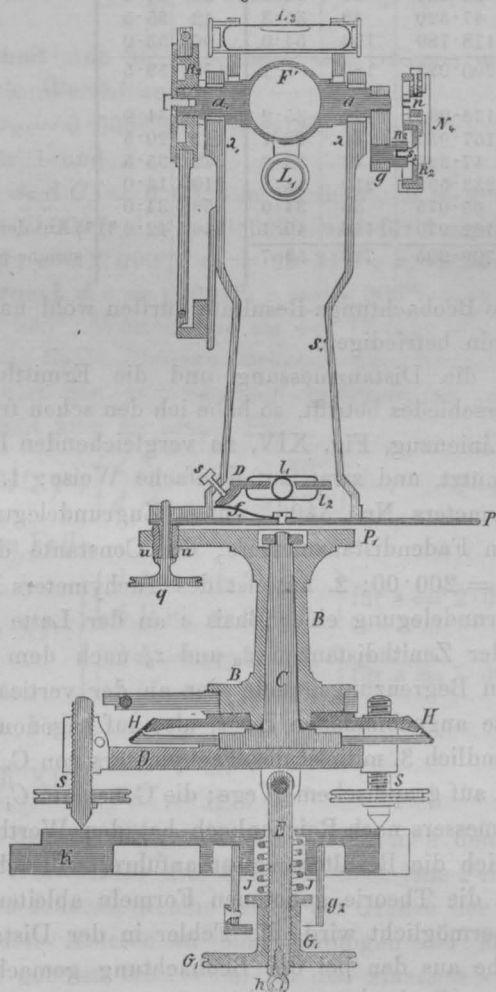
Der Horizontalkreis H ist in der Querschnittsform so gewählt, dass bei der directen Verbindung der Kippregel mit dem Dreifusse das Ablesen der Theilung in allen Lagen des Obertheiles leicht möglich wird. Fig. IX.

*) G. Starke's Tachymeter. Von Prof. Dr. W. Tinter. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines. 1873.

Die Mikrometerschrauben für die feine Bewegung im Azimuthe und in Höhe sind als Messschrauben construiert *); die nöthigen Constanten werden angegeben werden. Man kann also in geeigneten, nicht selten eintretenden, schon früher erwähnten Fällen von diesem Hilfsmittel entsprechenden Gebrauch machen.

Die in die Platte P_1 eingesetzten Schrauben u sind ringförmig gestaltet; die Oeffnung ist so gross, dass je eine der Befestigungsschrauben q , welche zur directen Verbindung der Kippregel mit dem Dreifusse dienen, frei hindurch geht und in der Platte P ihre Muttergewinde findet. Durch diese Anordnung ist je ein Befestigungspunkt mit dem Auflagepunkte zusammenfallend gemacht worden. Fig. IX.

Figur IX.



Das Messtischblatt T erhält an der unteren Fläche in der Mitte einen dreiarmigen Metalltheil a_2 , welcher an den Stellen a_2' , durch welche die Befestigungsschrauben q frei hindurch gehen, verstärkt ist. Die Muttergewinde für diese Schrauben befinden sich in den in das Tischblatt eingelassenen Metallstücken i' . Die drei zur Befestigung des Tischblattes dienenden Schrauben q bleiben immer mit demselben in Verbindung. Fig. X und XI.

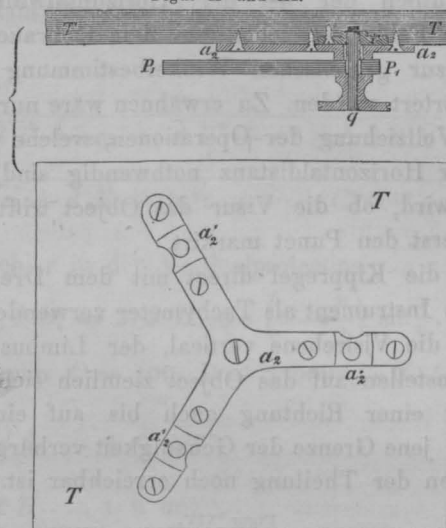
Die Dosenlibelle D der Kippregel wird durch zwei Kreuzlibellen l_1 und l_2 ersetzt, von denen die eine (l_2) in die Richtung der horizontalen Drehaxe des Fernrohres zu liegen

*) Bei den ersten von O. Fennel verfertigten Instrumenten war auch die Messschraube angebracht; bei den letzten Instrumenten ist sie weggelassen worden.

kommt. Fig. IX. Die Axen der beiden Kreuzlibellen sind der unteren Fläche der Platte P parallel gestellt.

Behufs Untersuchung der Eigenschaft, ob die horizontale Drehaxe aa_1 des Fernrohres zur unteren Fläche der Platte P parallel, beziehungsweise zur verticalen Umdrehungsaxe senkrecht steht, ist eine Aufsatzlibelle L_3 beigegeben. Fig. IX.

Figur X und XI.

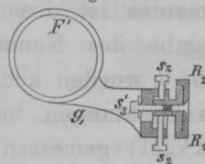


Das Fernrohr F hat ein Objectiv mit einer Oeffnung von 35^{mm} und einer Brennweite von 316^{mm}. Die mit dem beigegebenen Oculare von 8·8^{mm} äquivalenter Brennweite zu erzielende Vergrößerung beträgt demnach 36.

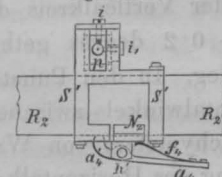
Das Fernrohr hat überdies bei der normalen Lage an der oberen Seite Dioptr.

Das Lineal R_2 wird durch zwei Arme g mit dem Fernrohre in Verbindung gebracht; jedoch ist dasselbe nur an der Stelle der horizontalen Drehaxe des Fernrohres um den Kopf der Schraube s_3 drehbar, Fig. IX, hingegen an der Objectivseite mit Hilfe der Schraubchen s_2 , Fig. XII, verstellbar. Es ist dadurch möglich, die obere Fläche des Lineales zur optischen Axe parallel zu stellen.

Figur XII.



Figur XIII.



Das Aendern der Lage des Ortes der Drehaxe p des Nonius N_2 gegen die optische Axe, um bei der Bestimmung der Horizontaldistanz das Glied $V \cdot \sin \alpha$, und bei der Bestimmung des Höhenunterschiedes das Glied $V(1 - \cos \alpha)$ zu berücksichtigen, wird durch Verstellen dieser Drehaxe p am Schieber S' in einer zur oberen Fläche des Lineales R_2 senkrechten Richtung mittelst der Schraubchen i und i_1 ermöglicht. Fig. IX und XIII.

Diese Einrichtung würde ganz befriedigen, wenn man an einer kleinen etwa 3^{mm} umfassenden Theilung am Schieber S' die Grösse dieser Verschiebung ablesen könnte, um die Verstellung der Drehaxe p dem Werthe $\frac{V}{n}$ entsprechend genau durchführen zu können.

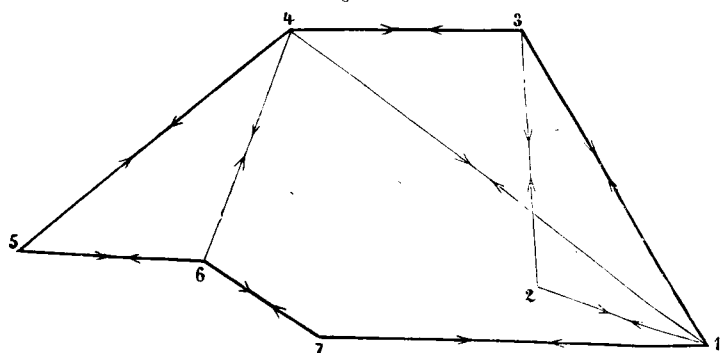
Genauigkeit der Messungs-Resultate.

Die Genauigkeit der Messungs-Resultate, welche mit diesem Instrumente erhalten werden, hängt ausser der Erfüllung der Eigenschaften des Instrumentes und den bei derartigen Beobachtungen auftretenden unvermeidlichen Beobachtungsfehlern von dem Genauigkeitsgrade der Theilungen an den Längenmaassstäben und an der Höhenscale ab.

Hinsichtlich der bei der Horizontalwinkelmessung auftretenden Fehler ist schon bei dem Gebrauche des Instrumentes zur graphischen Winkelbestimmung das Nothwendige erörtert worden. Zu erwähnen wäre nur noch, dass man nach Vollziehung der Operationen, welche für die Ermittlung der Horizontalstanz notwendig sind, nochmals nachsehen wird, ob die Visur das Object trifft und dass man dann erst den Punct markirt.

Wird die Kippregel direct mit dem Dreifusse verbunden, das Instrument als Tachymeter verwendet, so kann man, wenn die Visirebene vertical, der Limbus horizontal und das Einstellen auf das Object ziemlich sicher ist, die Bestimmung einer Richtung auch bis auf eine Bogenminute, d. i. jene Grenze der Genauigkeit verbürgen, welche beim Ablesen der Theilung noch erreichbar ist.

Figur XIV.



In dem Polygone, Fig. XIV, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 wurden in den sämtlichen Eckpunkten die Horizontalwinkel zwischen den angezeigten Richtungen mittelst eines Tachymeters von G. Starke (Nr. 3406) gemessen. Der Horizontal- sowie der Verticalkreis dieses Instrumentes ist direct von $0.2 - 0.2$ degrees getheilt, die Angabe des Nonius ist 0.01 deg. In den Punkten 1, 3, 4, 5, 6 wurden auch die Horizontalwinkel zwischen denselben Richtungen mittelst des Tachymeters von Wagner (Nr. XVIII) gemessen; die Theilung des Horizontalkreises ist direct von $20 - 20$ Bogenminuten durchgeführt, die Angabe des Nonius ist eine Bogenminute.

Als Zielobject diente, da die Mittellinie der Latte auf allen Puncten nicht gut centrirt aufgestellt werden konnte, ein auf den einzelnen Puncten lothrecht gehaltener Absteckstab.

Man hat also im vorliegenden Falle mehrere geschlossene Figuren, welche eine Controle für die Richtigkeit und einen Maassstab für die Genauigkeit der Messungs-Resultate abgeben.

Die nachstehende Tabelle enthält die aus den Beobachtungs-Resultaten gefolgerten Winkelwerthe, wobei zu bemerken kommt, dass die mit dem Starke'schen Tachymeter erhaltenen Werthe zur bequemeren Vergleichung mit

den bezüglichlichen Werthen des Instrumentes von Wagner in das gewöhnliche Gradmaass umgerechnet worden sind.

Winkel	Tachymeter					Anmerkung
	Nr. 3406			Nr. XVIII		
	deg.	Grad	Min.	Grad	Min.	
213	42.945	38	39.0	38	38.0	Windig
321	128.140	115	19.6	—	—	
231	28.910	26	1.1	26	0.0	
Summe	199.995	179	59.7			
413	24.560	22	6.2	22	6.0	
134	133.985	120	35.2	120	34.0	
341	41.460	37	18.8	37	19.5	
Summe	200.005	180	0.2	179	59.5	
645	33.925	30	31.8	30	31.0	
456	47.320	42	35.3	42	35.5	
564	118.780	106	54.0	106	53.0	
Summe	200.025	180	1.1	179	59.5	
134	133.985	120	35.2	120	34.0	
345	157.050	141	20.7	141	20.5	
456	47.320	42	35.3	42	35.5	
567	233.595	210	14.1	210	14.0	
713	65.075	58	34.0	58	34.0	
671	162.970	146	40.4	146	42.0 *)	
Summe	799.995	719	59.7			*) Aus der Winkelsumme gerechnet

Diese Beobachtungs-Resultate dürften wohl nach jeder Richtung hin befriedigen.

Was die Distanzmessung und die Ermittlung des Höhenunterschiedes betrifft, so habe ich den schon früher erwähnten Linienzug, Fig. XIV, zu vergleichenden Beobachtungen benutzt, und zwar auf dreifache Weise: 1. Mittelst des Tachymeters Nr. 3406 unter Zugrundelegung des Porro'schen Fadendistanzmessers; die Constante desselben beträgt $C = 200.00$; 2. mittelst des Tachymeters Nr. 3406 unter Zugrundelegung einer Basis e an der Latte und der Messung der Zenithdistanzen z_u und z_o nach dem unteren und oberen Begrenzungspuncte der an der vertical gehaltenen Latte angenommenen Basis, also auf trigonometrische Art, und endlich 3. mittelst des Tachymeters von C. Wagner Nr. XVIII auf graphischem Wege; die Constante C_1 des Fadendistanzmessers nach Reichenbach hat den Werth 100.00 .

Ehe ich die Resultate selbst anführe, will ich früher jene durch die Theorie gebotenen Formeln ableiten, durch welche es ermöglicht wird, die Fehler in der Distanz und in der Höhe aus den bei der Beobachtung gemachten unvermeidlichen Beobachtungsfehlern zu ermitteln.

Behält man für Δ , H , B , C , C_1 , e , J , V , α , z_u und z_o die schon früher gewählte Bedeutung bei, ist ferner z die Zenithdistanz der mittleren Visur und V_u die Visirhöhe des unteren Zielpunctes, so hat man bekanntlich die folgenden Formeln:

$$\text{Ad 1. } \left\{ \begin{array}{l} \Delta = C \cdot B \cdot \sin^2 z \\ H = \Delta \cotg z + J - V \end{array} \right\} \text{VII.}$$

$$\text{Ad 2. } \left\{ \begin{array}{l} \Delta = \frac{e}{\cotg z_o - \cotg z_u} = \frac{e \cdot \sin z_u \sin z_o}{\sin(z_u - z_o)} \\ H = \Delta \cdot \cotg z_u + J - V_u \end{array} \right\} \text{VIII.}$$

$$\text{Ad 3. } \left\{ \begin{array}{l} \Delta = (C_1 \cdot B + e) \cos \alpha + V \cdot \sin \alpha = \\ = (C_1 \cdot B + e) \sin z + V \cdot \cos z \\ H = (C_1 \cdot B + e) \sin \alpha + J - V \cos \alpha = \\ = (C_1 \cdot B + e) \cos z + J - V \cdot \sin z \end{array} \right\} \text{IX.}$$

Nimmt man nun $C, C_1, B, e, z, z_u, z_0, \alpha, J$ und V , $| = dz_0 = dz_1, dJ = dV$ fehlerhaft an, so sind die Fehler u. z. beziehungsweise um $dC = dC_1, dB, de, dz, dz_u =$ in Δ und H , d. i. $d\Delta$ und dH wie folgt:

$$\text{Ad 1. } \left\{ \begin{array}{l} d\Delta = \pm \sqrt{(B \sin^2 z)^2 \overline{dC^2} + (C \sin^2 z) \overline{dB^2} + (C B \sin 2z)^2 \overline{dz^2}} \\ dH = \pm \sqrt{\cotg^2 z \cdot \overline{d\Delta^2} + \left(\frac{\Delta}{\sin^2 z}\right)^2 \overline{dz^2} + \overline{dJ^2} + \overline{dV^2}} \end{array} \right\} \text{X.}$$

$$\text{Ad 2. } \left\{ \begin{array}{l} d\Delta = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{\cotg z_0 - \cotg z_u}\right)^2 \overline{de^2} + \frac{e^2}{(\cotg z_0 - \cotg z_u)^4} \left(\frac{1}{\sin z_0^4} + \frac{1}{\sin z_u^4}\right) \overline{dz_1^2}} \\ dH = \pm \sqrt{(\cotg z_u)^2 \overline{d\Delta^2} + \left(\frac{\Delta}{\sin^2 z_u}\right)^2 \overline{dz^2} + \overline{dJ^2} + \overline{dV_u^2}} \end{array} \right\} \text{XI.}$$

$$\text{Ad 3. } \left\{ \begin{array}{l} d\Delta = \pm \sqrt{(B \sin z)^2 + \overline{dC_1^2} [(C_1 B + c) \cos z - V \sin z]^2 \overline{dz^2} + \cos^2 z \cdot \overline{dV^2} + C^2 \sin^2 z \overline{dB^2}} \\ dH = \pm \sqrt{(B \cos z)^2 \overline{dC^2} + [(C_1 B + c) \sin z + V \cos z]^2 \overline{dz^2} + \overline{dJ^2} + \sin^2 z \cdot \overline{dV^2} + C^2 \cos^2 z \overline{dB^2}} \end{array} \right\} \text{XII.}$$

Nimmt man für die Fehler der Grössen in 1, 2 und 3 folgende Werthe an:

$dz = dz_u = 0.005^d = 0.0000785, dJ = dV = dV_u = 0$, weiter für 1 und 3

$dC = dC_1 = 0.03, z = 95.000^d, B = 1.000^m$, bezüglich $2.000^m, dB = 0.002^m$ und für 2 einmal $de = 0.001^m, e = 2.000^m, z_u = 95.315^d, z_0 = 94.686^d$ und ein andermal $de = 0.001^m, e = 3.000^m, z_u = 95.476^d, z_0 = 94.525^d$, Werthe, wie sie der Distanz von 200^m , der bei meinen Beobachtungen vorkommenden kleinsten Zenithdistanz, und den angewendeten Instrumenten entsprechen, so bekommt man im ersten Falle

$$(\text{nach X}) \cdot \left\{ \begin{array}{l} d\Delta = \pm 0.40^m \\ dH = \pm 0.13^m \end{array} \right\} \dots \alpha),$$

im zweiten Falle

$$(\text{nach XI}) \cdot \left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} d\Delta = \pm 2.23^m \\ dH = \pm 0.16^m \end{array} \right\} \text{für } e = 2.00^m \beta), \\ \left\{ \begin{array}{l} d\Delta = \pm 1.10^m \\ dH = \pm 0.08^m \end{array} \right\} \text{für } e = 3.00^m \beta_1), \end{array} \right.$$

im dritten Falle

$$(\text{nach XII}) \left\{ \begin{array}{l} d\Delta = \pm 0.20^m \\ dH = \pm 0.05^m \end{array} \right\} \dots \gamma).$$

Bei dem Tachygraphometer wird man den hier erhaltenen Werthen für $d\Delta$ und dH noch jene Fehlerwerthe hinzufügen müssen, welche durch die Grenze der Genauigkeit bei dem Ablesen an den Theilungen der Maassstäbe R und T geboten erscheinen. An den Maassstäben für die Längen kann man mittelst der Nonien 0.1^m , an dem Höhenmaassstabe aber 0.05^m sicher ablesen; es unterliegt keiner Schwierigkeit, die Ablesungen bezüglich auf 0.05^m und auf 0.025^m zu erhalten. Ist dann das betreffende Verjüngungsverhältniss n , so ist der Fehler in der Länge $0.05^m \cdot n$, in der Höhe $0.025^m \cdot n$. Bei den von mir angestellten Beobachtungen war $n = 1000$, demnach der Fehler in der Länge $\pm 0.05^m$, in der Höhe $\pm 0.025^m$.

Würde etwa bei dem Beobachten das Lineal R_1 um den Winkel x von der verlangten genauen horizontalen Lage abweichen, so wäre, wenn α den Neigungswinkel der mittleren Visur gegen die Horizontale bedeutet, der Fehler in der Horizontalprojection der Distanz:

$$d\Delta_1 = 2 \cdot C \cdot B \cdot \sin \left(\alpha - \frac{x}{2} \right) \sin \frac{x}{2},$$

und der Fehler in der Verticalprojection

$$dH_1 = 2 \cdot C \cdot B \cdot \cos \left(\alpha - \frac{x}{2} \right) \sin \frac{x}{2}.$$

Setzt man $C = 100, B = 2.000^m, \alpha = 45^\circ, x = 2'$, so wird

$$d\Delta_1 = \pm 0.082^m$$

und auch

$$dH_1 = \pm 0.082^m.$$

Man wird daher gut thun, bei genauen Arbeiten die Libelle L_1 auf R_1 beim Einspielen zu erhalten.

Mit Rücksicht auf die Werthe nach 3) gerechnet, wird man $d\Delta = \pm 0.24^m$ und $dH = \pm 0.10^m$ erhalten.

In dem Falle der Distanzmessung mittelst des Fadendistanzmessers ist es hauptsächlich das von \overline{dB} abhängige Glied, welches den grössten Einfluss auf den Fehler $d\Delta$ nimmt; bei gleichem Werthe dB und verschiedenen Werthen der Constanten C wird jenes Instrument genauere Resultate liefern, welches den kleineren Werth von C hat; siehe α) und γ).

Bei der Distanzbestimmung auf trigonometrischem Wege ist es die Differenz $\cotg z_0 - \cotg z_u$, bezüglich die Differenz $z_u - z_0$, welche besonders Einfluss auf den Fehler im Resultate nimmt; bei gleichem Werthe dz wird das von dz abhängige Glied um so grösser, je kleiner $\cotg z_0 - \cotg z_u$, bezüglich je kleiner $z_u - z_0$ ist; es wird sich daher empfehlen, die an der Latte anzunehmende Basis e den verschiedenen Distanzen entsprechend gross zu wählen; siehe β) und β_1).

Ich habe diesen Fall der trigonometrischen Distanz und Höhenbestimmung mit in meine Untersuchungen einbezogen, weil mir schon wiederholt die Bemerkung gemacht wurde, dass Fadendistanzmesser deswegen so schlecht übereinstimmende Resultate geben, weil der Werth der Constanten C für verschiedene Distanzen „veränderlich“ sei, und die Art der trigonometrischen Distanz- und Höhenbestimmung empfohlen wird. Der Grund dieser grossen Abweichungen liegt nicht in der Veränderlichkeit des Werthes C für verschiedene Distanzen, sondern in der Unsicherheit, mit welcher man den Lattenabschnitt B ermittelt, meist dadurch hervorgerufen, dass man das Instrument weit über seine Leistungsfähigkeit in Anspruch nimmt. Wählt man solche grosse Distanzen, dass man etwa nur

das Zehntel eines Decimeters halbwegs sicher schätzen kann, so wird man den Fehler in B auch mit $\pm 0.020^m$ annehmen müssen, wodurch dann der Fehler in der Distanz bei horizontaler mittlerer Visur 4.00^m oder 2.00^m wird, je nachdem die Constante $C = 200$ oder $= 100$ ist. Wenn man bei der trigonometrischen Distanzbestimmung den Werth dz nicht bedeutend verkleinern und den Unterschied $z_u - z_o$ durch die Wahl einer entsprechenden Basis e an der Latte vergrößern kann, wird man zum mindesten eben solchen Fehlern ausgesetzt sein, wie bei der Distanzbestimmung mittelst der Fadendistanzmesser. Einen grösseren Grad der Genauigkeit bei dieser Methode wird man erhalten, wenn man eine Latte mit zwei Zielscheiben statt der Selbstableselatten und das Tachymeter von Starke anwendet, welches die Sexagesimal-Theilung trägt, wo die Theilungen bis auf 10 Secunden gelesen werden können.

Ich schliesse nun hieran die Tabelle meiner aus den Beobachtungs-Resultaten gefolgerten Werthe der Horizontal-distanzen und der Höhenunterschiede.

Von	Horizontaldistanz			Höhe		
	Tachymeter	Tachygraphometer	trigonometrisch	Tachymeter	Tachygraphometer	trigonometrisch
1-2	95.51	96.24	96.29	+ 2.81	+ 2.78	+ 2.85
2-1	95.73	*) —	96.31	— 2.80	—	— 2.81
1-3	196.38	197.15	197.44	+ 12.46	+ 12.48	+ 12.57
3-1	196.63	197.50	197.55	— 12.48	— 12.59	— 12.51
1-4	278.47	**) —	278.54	+ 19.03	—	+ 19.03
4-1	278.86	**) —	279.00	— 19.04	—	— 18.99
1-7	208.19	209.25	209.43	+ 11.02	+ 11.00	+ 11.09
7-1	208.65	*) —	209.09	— 11.01	—	— 11.04
2-3	138.88	*) —	138.40	+ 9.88	*) —	+ 9.87
3-2	139.33	139.75	138.44	— 9.89	— 9.88	— 9.81
3-4	122.03	122.08	122.35	+ 6.59	+ 6.54	+ 6.67
4-3	121.86	121.98	122.56	— 6.59	— 6.66	— 6.58
4-5	189.27	188.92	189.34	+ 2.34	+ 2.29	+ 2.35
5-4	188.98	189.42	189.85	— 2.33	— 2.45	— 2.31
4-6	133.60	134.18	134.72	— 0.85	— 0.93	— 0.83
6-4	134.19	133.58	134.75	+ 0.82	+ 0.92	+ 0.87
5-6	100.31	100.66	100.64	— 3.17	— 3.17	— 3.17
6-5	100.09	100.45	100.95	+ 3.17	+ 3.15	+ 3.20
6-7	73.93	74.97	74.67	— 7.20	— 7.27	— 7.26
7-6	74.46	*) —	***) —	+ 7.23	*) —	I) —

Die Abweichungen in den Resultaten, wie sie sich bei derselben oder nach den verschiedenen Methoden ergeben haben, werden durch die aus X, XI und XII gefolgerten Resultate α), β), β_1) und γ) hinreichend gerechtfertigt.

Zuletzt will ich noch der Zeitdauer für die eine und die andere Beobachtungsart Erwähnung thun. Zu dem Ende wurden von mir fünfzig Punkte mittelst des Tachymeters nach den bekannten Grundsätzen und mittelst Wagner's Tachygraphometer festgelegt; mit letzterem Instrumente sowohl mittelst des Messtisches, als auch ohne desselben, wo die Horizontal- und Verticalprojectionen an den bezüg-

lichen Maassstäben abgelesen wurden. Zu bemerken kommt noch, dass ich an den Kreisen immer beide Nonien gelesen, das Mittel im Kopfe gebildet und diesen Werth zum Eintragen gesprochen habe. Das Journal führte einer meiner Hörer, während ein zweiter die Latte hielt; auf den Gehilfen habe ich niemals warten dürfen. Zur Ermittlung der nöthigen Beobachtungsdaten für die Bestimmung der 50 Punkte benötigte ich, exclusive der Zeitdauer für die Aufstellung des Instrumentes, mittelst des Tachymeters von Starke eine Stunde dreissig und acht Minuten; mittelst des Wagner'schen Instrumentes als Tachygraphometer zwei Stunden, mit demselben Instrumente als Tachymeter eine Stunde fünfzig und acht Minuten.

Diese beiden letzten Zahlen sprechen wohl deutlich, dass durch Hinzufügen des Kartirapparates zum Tachymeter von Wagner kein Zeitverlust bei der Arbeit am Felde entsteht, besonders, wenn ich noch zu bedenken gebe, dass ich das erste Mal mit diesem Instrumente von Wagner gearbeitet, und dass mir das Bewegen der Kippregel um das Centrirstäbchen ungewohnt war.

Es widerlegt sich hierdurch auch die in der Wochenschrift Nr. 20 gemachte Bemerkung des Herrn Fr. Kreuter, als ob durch die Anwendung des Kartirapparates die der Feldarbeit zugemessene kostbare Zeit auf solche Operationen verwendet würde, die ohne Rücksicht auf Witterungsverhältnisse und Tageszeit durch billige Arbeitskräfte im Bureau vorgenommen werden können u. s. w.

Jedermann, welcher die Construction der Instrumente von Kreuter und Wagner genau kennt, wird sich durch diese Bemerkung überrascht fühlen müssen, weil der Unterschied in der Erwerbung der Beobachtungs-Resultate mit diesen genannten Instrumenten nur darin besteht, dass beim Tachymeter von Kreuter die Horizontalprojection der Distanz abgelesen wird, während bei dem Tachygraphometer von Wagner der Punct pikirt und beschrieben wird. Zum Ablesen der Theilung am Lineale für die Horizontalprojection wird sicherlich nicht weniger Zeit erfordert werden, als zum Niederdrücken der Nadelspitze und des Numerirens dieses Punctes.

Wird übrigens bei dem Instrumente von Wagner die Kippregel direct mit dem Dreifusse verbunden, so ist ja gar kein Unterschied in dem Gewinnen der Beobachtungsergebnisse zwischen den beiden Instrumenten.

Ich bin überzeugt, dass Herr Kreuter diese Bemerkungen gewiss nicht gemacht hätte, wenn er meinen Vortrag angehört oder die vollständige Publication abgewartet haben würde.

Das Arbeiten mittelst des Messtisches an dem Instrumente von Wagner hat den einen unbestreitbaren Vortheil, dass man sofort einen Ueberblick der aufgenommenen Punkte erhält, dass man vor dem Verlassen einer Station erkennen kann, ob die genügende zur Bestimmung der Schichtenlinien erforderliche Anzahl von Punkten bestimmt wurde.

*) In 2 und 7 das Instrument nicht aufgestellt.

**) In 4 die Latte nicht ablesbar.

***) Nicht beobachtet.

Erwiderung

auf die

von Aug. Köstlin im I. Hefte der Vereinszeitschrift veröffentlichte Entgegnung.

Nachdem durch die Entgegnung, welche Herr Köstlin im I. Hefte der Vereinszeitschrift von 1876 auf das von Herrn Hornbostel, Gunesch und mir verfasste Gutachten über die von ihm erfundenen Objectstypen gebracht, die Debatte aus dem Vereinssaale in die Zeitschrift übertragen worden ist, wolle es mir als Berichterstatter in dieser Angelegenheit nun auch gestattet werden, mein Schlusswort auf demselben Wege dem erweiterten Kreis der Fachgenossen mitzutheilen.

Auf die Anschauungen im Detail, welche Herr Köstlin in seiner Entgegnung sowohl, als auch in seinem in der Wochenschrift des Vereines Nr. 7 abgedruckten Aufsätze entwickelt, so wie auf seine persönlichen Ausfälle will ich mich nicht einlassen.

Ich kann die Aeusserungen des Herrn Köstlin in dieser Beziehung ruhig dem Urtheile der denkenden Fachgenossen überlassen. Ich würde mich auf eine öffentliche Beurtheilung seiner diesmaligen Erfindung gar nicht eingelassen haben, wenn ich nicht durch die Berufung des Vereins, welcher Folge zu geben ich mich als Vereinsmitglied verpflichtet erachtete, dazu gekommen wäre. Nachdem dies aber einmal der Fall war, glaubte ich rückhaltslos meine aus der Erfahrung gewonnene Anschauung mittheilen zu sollen. Ich habe dabei nur zu bedauern, dass die Abstimmung über die Frage durch einen nachträglichen Beschluss des Vereines unterblieb.

In der Sache selbst erspart es mir Herr Köstlin, auf seine Entgegnung Punkt für Punkt zu antworten. Er versetzt mich in die angenehme Lage, ihm summarisch antworten zu können.

Dass die Ansicht, welche wir in unserem Gutachten über die Haltbarkeit einer solchen Construction, wie die des Herrn Köstlin eine ist, aussprachen, richtig ist, erkennt Herr Köstlin schon in seiner Entgegnung dadurch an, dass er es in den beigegebenen Zeichnungen versucht, auf dem schmalen Viaducte eine Bettung unterzubringen. Damit schon ist er seinem Principe untreu geworden; denn die Construction mit der Bettung, wie sie da eingengt und eingeschränkt werden müsste, wird Herr Köstlin gewiss im Ernste nicht proponiren wollen. Dieselben Zweifel, welche Herr Köstlin gegenüber dem Lazar'schen Oberbau bezüglich der Bettung vorbrachte (Vereinszeitschrift 1876, III. und IV. Heft, Seite 55) sind hier in verstärktem Maasse zu hegen. Herr Köstlin wollte in seinen Typen ja doch ausdrücken und hat dies in seinem Vortrage auch erläutert, dass er den Oberbau direct auf das Mauerwerk lagern wolle, weil die Kunstbauten, wenn man eine Bettung aufbringe, zu breit, d. h. zu kostspielig werden. Herr Köstlin hat in seinem Vortrage (Vereinszeitschrift 1875, Heft XII und XIII, Seite 253) nachdrücklichst die Schädlichkeit der Bettung für das Mauerwerk der Viaducte betont und hervorgehoben, wie vorthellhaft seine Construction in dieser Beziehung sei, und doch kommt er jetzt wieder

darauf, eine Bettung anzuwenden. Sobald man aber anerkennt, dass ein ordentliches Schotterbett nicht leicht entbehrlich sei, so kann die geringe Breite von 2.5^m nicht mehr aufrecht erhalten werden, sondern man kommt bei sehr sparsamer Anwendung auf das Profil, welches Herr de Funiak mittheilt. Dieses Profil aber ist nichts mehr Neues, sondern ein vollgemauertes Widerlager, wie es häufig dann angewendet wird, wenn die Flügelmauern so stark werden, dass die Rückenflächen derselben einander sehr nahe kommen.

Herr Köstlin scheint dies auch gefühlt zu haben, denn noch entschiedener ist die Wendung, welche er in seinem Aufsätze in der Wochenschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines Nr. 7 nimmt. Das, was Herr de Funiak in seinem an Herrn Professor Dr. Winkler gerichteten Briefe (Nr. 6 der Wochenschrift) mittheilt, ist doch die thatsächliche Bestätigung dessen, was in unserem Gutachten gesagt ist; Herr Köstlin kann also die Amerikaner nicht für seine Construction anrufen, sondern er muss aus der Mittheilung des Herrn de Funiak die Lehre ziehen, dass seine Typen unpraktikabel seien.

Ich antworte Herrn Köstlin am besten mit seinen eigenen, gegen das Lazar'sche Oberbausystem gebrauchten und auf diesen Fall angewendeten Worten: Die Typen leiden an Mängeln, von denen man wirklich vermuthen und fürchten kann, dass sie das österreichische Ingenieurwesen discreditiren.

Zürich, Mai 1876.

Gerlich.

Ueber das Gewicht verschiedener eiserner Brücken- Constructions-Systeme bei grossen Spannweiten.

Nach „B. Baker's Long span railway bridges“.

Von

J. Melan,

Assistent am Polytechnikum in Wien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 25.)

Die Wahl des zweckmässigsten Constructions-Systems für den Oberbau eiserner Brücken ist in den meisten Fällen, namentlich wo es sich um Ueberbrückung grosser Weiten handelt, eine schwierige Aufgabe, bei deren Lösung mannigfache Umstände und Verhältnisse zum grossen Theil localer Natur in Frage kommen.

Wichtige Anhaltspunkte liefert aber der Vergleich des Gewichtes der Eisenconstruction bei den verschiedenen Systemen, und findet man diesbezügliche Formeln und Tabellen für die gewöhnlich vorkommenden Spannweiten von Fachmännern in vollkommener und verlässlicher Weise zusammengestellt; vergeblich wird man jedoch bestimmte, wenn auch approximative Angaben für grosse und sehr grosse, allerdings selten in Anwendung kommende Spannweiten zum Vergleich der verschiedenen Constructions-Systeme suchen.

In ziemlich erschöpfender Weise wird aber dieses Thema in der Schrift „Long and short span railway bridges von Ingenieur Baker, London 1873“ behandelt. Allerdings stösst die strenge und abgenaue mathematische Lösung auf Schwierigkeiten. Der erwähnten Abhandlung sind jedoch möglichst einfache Näherungsregeln zu Grunde gelegt, und erhalten die gewonnenen Resultate praktische Genauigkeit und Verwendbarkeit hauptsächlich durch Einführung und richtige Wahl der sogenannten Constructions-Coëfficienten, bezüglich deren Richtigkeit wir die Verantwortung freilich dem Autor überlassen müssen.

Ingenieur Baker unterscheidet in seiner Untersuchung Brücken mit sehr grossen und Brücken mit kleineren Spannweiten und nimmt

als Grenze zwischen beiden 90^m Spannweite an. Wir glauben namentlich die Abhandlung über Brücken mit grossen Spannweiten sowohl vom theoretischen als praktischen Standpunkte für interessant genug halten zu dürfen, um sie hier im Auszuge und mit einigen Modificationen mitzutheilen.

Es werden darin die Gewichte von 11 Hauptconstructions-Typen bestimmt, und zwar von einer Minimalspannweite von 90^m angefangen bis zu jener Grenze, bei welcher die Brücke eben nur mehr im Stande ist, mit der zulässigen Inanspruchnahme ihr eigenes Gewicht zu tragen. Die Untersuchung, welche für Eisen und Stahl durchgeführt ist, erstreckt sich erklärlicherweise nur auf Eisenbahnbrücken; ferner wurde von den Trägern mit gekrümmten Gurten nur der Parabelträger behandelt, da andere Systeme, wie Schwedlerträger, Halbparabelträger etc. als zwischen diesem und dem Parallelträger liegend betrachtet werden können.

In dem Folgenden bedeutet:

L die Spannweite,

h die grösste Höhe des Trägers,

g_0 das Eigengewicht der Träger pro laufenden Meter,

g_1 das Gewicht der Querconstructions pro laufenden Meter,

p die zufällige Last,

$p + g_1$ die nutzbare Last,

K die zulässige Inanspruchnahme pro $\square^{\text{cm}} = 650^{\text{kg}}$ für Eisen, 1000^{kg} für Stahl,

k die bloß vom Eigengewicht der Träger herrührende Beanspruchung pro \square^{cm} Gurtquerschnitt,

f die Fläche eines Gurtes beider Träger,

x und y Constructions-Coëfficienten,

$m = \frac{g_0}{p + g_1}$ das Verhältniss des Trägergewichtes zur nutzbaren Last.

Bei den behandelten Trägertypen ist immer die annähernd zweckmässigste Höhe vorausgesetzt, bei welcher die gesammte Materialmenge zu einem Minimum wird. Die genaue Bestimmung dieser Höhe ist nicht leicht durchführbar, eine gewisse Annäherung liefert aber folgende Betrachtung. Das Volumen eines jeden Trägers lässt sich auf die Form bringen: $V = 2f(Lx + Cyh)$, worin das erste Glied von h frei und C ein vom System abhängiger Coëfficient ist. Bei einem Blechträger muss beispielsweise, wie sich aus einer leichten Ueberlegung ergibt, die horizontale Schnittfläche der halben Blechwand mindestens gleich der Maximalfläche eines Gurtes sein, daher $C = 1$ zu setzen wäre; wogegen bei einem Parallel-Gitterträger, dessen Stäbe unter 45° geneigt sind, $C = 2$ wird.

Bei den Blechträgern ist die vortheilhafteste Höhe hauptsächlich von der Minimal-Blechdicke abhängig, die zur Construction der Blechwand zulässig ist. Dagegen ist bei den Gitterträgern das Volumen der Gurte bekanntlich der Trägerhöhe verkehrt proportional, während das des Gitterwerkes theoretisch constant bleibt. Das praktische Volumen des Gitterwerkes dagegen nimmt mit der Trägerhöhe zu, wenn darunter auch gewisse Subconstructions (Versteifungen) begriffen sind, die proportional der Trägerhöhe an Volumen zunehmen, und ausserdem die Knickfestigkeit bei den gedrückten Stäben in Frage kommt. Unter der allerdings nicht streng erfüllten Voraussetzung, dass dann das Volumen des Gitterwerkes direct proportional der Trägerhöhe wächst, erhält man aus der Gleichung für V die Bedingungs-gleichung für das Minimum des Materials $Lx = Cyh$.

Wie aus der Herleitung dieser Formel hervorgeht, kann sie allerdings nur eine rohe Annäherung an die richtigen Werthe erwarten lassen. Es muss jedoch erwähnt werden, dass ihre Resultate mit der praktischen Ausführung ziemlich übereinstimmen.

Die Schwierigkeit bei der Bestimmung des Eigengewichtes liegt darin, dass die Querschnitts-Dimensionen aus einer noch unbekannten Belastung zu ermitteln sind. Sie wird dadurch umgangen, dass man den umgekehrten Weg einschlägt und aus der Spannung auf die Belastung zurückschliesst. Auf 1 \square^{cm} Gurtquerschnitt entfällt die Spannung K ; das aus dieser Spannung folgende Volumen des Trägers wird z. B. für einen Gitterträger $(Lx + 2hy)$. Daraus kann man leicht das Moment und mithin auch die auf 1 \square^{cm} Gurtquerschnitt entfallende Spannung ableiten, welche vom Eigengewicht des Trägers allein herrühren. Nennen wir diese Spannung k , so ist die durch die nutzbare Last hervorgerufene Spannung $K - k$, und es folgt weiters unter der Annahme, dass das

Eigengewicht des Trägers ebenso vertheilt ist, wie die der Berechnung der Gurte zu Grunde gelegte nutzbare Last, das Verhältniss

$$m = \frac{g_0}{g_1 + p} = \frac{k}{K - k}$$

oder mit Worten, das Gewicht eines Trägers, welcher eine bestimmte Last zu tragen hat, ist das $\frac{k}{K - k}$ fache dieser Last.

Zunächst handelt es sich um die Bestimmung der Spannung k und des Coëfficienten m für die einzelnen Systeme.

I. Blechträger.

Es ist wohl vorauszusehen, dass sich dieses System für solch grosse Spannweiten als das ungünstigste erweisen wird.

Nimmt man als geringste zulässige Blechwanddicke 0.7^{cm} an, so ist die nutzbare horizontale Schnittfläche der halben Blechwand mit Rücksicht darauf, dass die Kraft von der Mitte gegen die Enden gleichmässig wächst, $100 L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.7 = 17.5 L \square^{\text{cm}}$, unter welchen Betrag in keinem Falle herabgegangen werden kann. Wir erhalten daher für das Volumen des Blechträgers, wenn f_1 diese horizontale Schnittfläche, f die Gurtfläche bezeichnet,

$$2(fLx + f_1hy),$$

worin $f_1 = f$, in keinem Falle aber kleiner als $17.5 L \square^{\text{cm}}$ zu setzen ist. Das Minimum des Volumens wird bei diesem Grenzwert erreicht, und da alsdann eine Vergrösserung der Höhe eine Verminderung der Gurtfläche, dagegen eine Vermehrung in der Blechwand bewirken würde, so ergibt sich für die zweckmässigste Höhe die Bedingungs-gleichung

$$fLx = 17.5 hy$$

und daraus, wenn T die totale Belastung bedeutet,

$$h^2 = \frac{T L x}{C y};$$

Die Constante C wurde deshalb noch unbestimmt gelassen, weil die Minimal-Blechdicke eigentlich mit der Spannweite variabel anzunehmen ist. Man kann etwa setzen:

$$C = 52 + 9 \frac{T}{L};$$

für die zweckmässigste Höhe wird aber pro \square^{cm} Gurtquerschnitt das Volumen des Blechträgers

$$v = 4 L x,$$

das daraus resultirende Maximal-Moment mit Berücksichtigung, dass ein Stab von 1^m Länge und 1 \square^{cm} Querschnitt 0.00078 Tonnen wiegt,

$$\mu = 0.00039 L^2 x$$

und mithin die Spannung

$$k = \frac{0.00039 L^2 x}{h},$$

die Werthe der Constructions-Coëfficienten wurden aus ausgeführten Constructions zu $x = 0.93$ und $y = 5.4 + 0.006 L$ bestimmt.

Nimmt man ferner die auf einen Träger bei zweigeleisiger Bahn entfallende nutzbare Last zu 5.8 Tonnen pro laufenden Meter an, so wird die totale Last

$$T = \frac{5.8 K \cdot L}{K - k}.$$

Aus den obigen Gleichungen ergibt sich mit Berücksichtigung des Werthes $K = 0.65$ Tonnen

$$k = -\frac{n}{2} + \sqrt{\frac{n^2}{4} + 1.310 n},$$

worin

$$n = 0.1054 \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 0.0117 \left(\frac{L}{100}\right)^3;$$

ferner ist

$$m = \frac{k}{K - k}.$$

II. Parallel-Gitterträger.

Das Volumen pro \square^{cm} Gurtfläche ist

$$v = 2(Lx + 2hy);$$

die Höhe ist nach dem oben angegebenen

$$h = \frac{Lx}{2y}$$

zu wählen; für dieselbe wird

$$\mu = 0.00078 \frac{L^2 x}{2} k = 0.00078 L y,$$

für Eisenbrücken ist ferner zu setzen

$$x = 0.93 \quad y = 2.7 + 0.003 L;$$

es wird dann

$$k = 0.2106 \frac{L}{100} + 0.0234 \left(\frac{L}{100} \right)^2;$$

für Stahlbrücken sind die Coefficienten

$$x = 0.93 \quad y = 3.5 + 0.003 L;$$

der Coefficient m ist aus k wie oben zu rechnen.

III. Parabelträger (Bowstring).

Bei dem eben behandelten Trägersysteme wurde auch für die Berechnung der Gitterwand die totale Belastung als die ungünstigste angenommen. Insofern wir nur grosse Spannweiten im Auge haben und überdies das Fehlende durch die Wahl des Constructions-Coefficienten ersetzen, sind wir zu dieser Näherung berechtigt. Anders verhält es sich aber beim Parabelträger, wo das Gitterwerk bei totaler Belastung gar nicht beansprucht wird. Hier hat man den Einfluss des Eigengewichtes und der zufälligen Last getrennt zu betrachten.

Eigengewicht. Das Volumen des Untergurtes ist proportional $f L$. Die Spannung des Obergurtes kann in jedem Querschnitt in eine horizontale und in eine verticale Componente zerlegt werden, und man erhält ein Näherungsergebnis, indem man das Volumen bestimmt, welches jede dieser Componenten erfordert. Wir denken uns also den Bogen ersetzt durch einen horizontalen Constructionstheil von der Länge L und der Fläche f und durch einen verticalen Theil von der Höhe h und einer Fläche, welche der Summe der direct auf den Bogen wirkenden Verticalkräfte entspricht. Nimmt man diese zu $\frac{7}{8}$ der totalen Belastung an, so wird das Volumen des verticalen Theiles $\frac{7}{8} \frac{T}{K} h$ und mit Berücksichtigung des Werthes

$$T = \frac{8 K h f}{L}$$

das Volumen beider Gurte

$$f \left(2 L + \frac{7 h^2}{L} \right).$$

Das Volumen der verticalen Gitterstäbe kann annähernd mit $\frac{4 h^2}{L} f$ angenommen werden, und es ist dann das Gesamtvolumen

$$v = 2 L x + \frac{11 h^2}{L} y.$$

Nach demselben Vorgang wie oben wird die zweckmässigste Höhe

$$h = L \sqrt{\frac{2 x}{11 y}} = 0.426 L \sqrt{\frac{x}{y}}$$

und die Spannung

$$k' = 0.00078 \cdot 1.173 L x \sqrt{\frac{y}{x}}.$$

Zufällige Last. Da sich die Maximalbeanspruchung der Gurte bei totaler Belastung ergibt, so erhält man für das Volumen derselben so wie oben

$$f \left(2 L + 7 \frac{h^2}{L} \right).$$

Bei den Diagonalen wird die Horizontalcomponente der Maximalspannungen, gleiche Knotenentfernungen vorausgesetzt, constant und bei 10 Feldern gleich $\frac{1}{10}$ der Maximalspannung des Untergurtes, daher das von ihr geforderte Volumen gleich $\frac{f}{10} L$. Der von der Verticalcomponente erforderte Querschnitt ergibt sich im Mittel zu $\frac{2}{3} \frac{h}{L} f$, daher das Volumen

$$10 \cdot \frac{2}{3} \frac{h}{L} f \cdot \frac{2}{3} h = 4.5 \frac{h^2}{L} f.$$

Berücksichtigt man, dass das Gitterwerk aus zwei Lagen Diagonalen und aus Verticalen besteht, so erhält man für dessen Volumen

$$f \left(\frac{L}{5} + \frac{14 h^2}{L} \right)$$

und mit Hinzurechnung der Gurte und Einführung der Coefficienten x und y das Gesamtvolumen

$$v = \frac{11 L x}{2} + \frac{21 h^2}{L} y.$$

Daraus wird mit Berücksichtigung der zweckmässigsten Höhe

$$h = 0.323 L \sqrt{\frac{x}{y}}$$

die Spannung

$$k'' = 0.00078 \cdot 1.7 L x \sqrt{\frac{y}{x}}.$$

Gemischte Last. Aus Obigem folgt, dass sich die vom Eigengewicht des Trägers hervorgerufenen Spannungen k , wenn dieser in einem Falle bloß eine ruhende, im andern eine bewegliche pro Längeneinheit gleich grosse Last zu tragen hat, verhalten wie $1.173 : 1.70$. Die vom Träger zu tragende nutzbare Last kann annähernd zu $\frac{1}{4}$ aus ruhender Last (Querconstructionen) und zu $\frac{3}{4}$ aus zufälliger Last bestehend angenommen werden. Es ist dann der entsprechende Coefficient für eine solche gemischte Last $\frac{1}{4} \cdot 1.173 + \frac{3}{4} \cdot 1.70 = 1.568$ oder 1.34 mal dem Coefficienten für eine ruhende Last.

Für letztere wird, wenn die Constructions-Coefficienten $x = 1.25$ und $y = 3.2 + 0.006 L$ sind,

$$k' = 0.114 \frac{L}{100} \sqrt{2.56 + 0.48 \frac{L}{100}}$$

und für die wirkliche Spannung ergibt sich

$$k = \left(1.34 \frac{K - k}{K} + \frac{k}{K} \right) k'$$

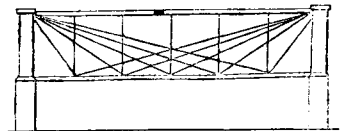
$$k = \frac{1.34 K k'}{K + 0.34 k'};$$

für Stahlbrücken ist in $k' y = 4.2 + 0.006 L$ zu substituieren.

IV. Hängwerksträger mit Spannriegel.

Dieses System findet in Amerika unter dem Namen Bollman'scher Träger häufige Anwendung und ist auch in Wien durch die Augartenbrücke vertreten.

Man hat auch hier eine ähnliche Behandlung wie beim Parabelträger zu befolgen.



Eigengewicht. Das Volumen des Spannriegels ist proportional $f L$; das Volumen der Zugbänder kann wieder zusammengesetzt gedacht werden aus dem von den Horizontal-Componenten und aus dem von den Verticalcomponenten der Spannungen geforderten Volumen. Erstere, welche sich wie die Ordinaten einer Parabel verhalten, ergeben zur Summe $\frac{L T}{6 h}$. Ebenso gross ist die Spannung des horizontalen Riegels. Die verticalen Componenten erfordern das Volumen

$$\frac{7}{8} \frac{T h}{K} = \frac{21}{4} \frac{h^2}{L} f.$$

Ausserdem sind aber noch verticale Constructionstheile zur Unterstützung des Spannriegels anzubringen. Deren Volumen zu $6 \frac{h^2}{L} f$ angenommen, gibt für das Gesamtvolumen pro \square^m Querschnitt des Riegels

$$v = 2 L x + \frac{45 h^2}{4 L} y;$$

daraus folgt die Spannung des Riegels

$$k' = 0.00078 \frac{v L}{6 h}$$

und die zweckmässigste Höhe

$$h = 0.42 L \sqrt{\frac{x}{y}};$$

diese in obige Gleichung gesetzt, gibt

$$k' = 0.00078 \cdot 1.58 L x \sqrt{\frac{y}{x}}$$

Zufällige Last. Die Maximal-Beanspruchung der Zugbänder und des Spannriegels tritt bei totaler Belastung ein. Die verticalen Constructionstheile sind hier nicht nochmals mitzurechnen, da sie als unabhängig von der zufälligen Last betrachtet werden können.

Es wird mithin:

$$v = 2 L x + \frac{21}{4} \frac{h^2}{L} y; \quad h = 0.617 L \sqrt{\frac{x}{y}},$$

$$k'' = 0.00078 \cdot 1.08 L x \sqrt{\frac{y}{x}}$$

Gemischte Last. Durch Einsetzung der Werthe $x = 1.25$ und $y = 3.2 + 0.006 L$ wird

$$k' = 0.154 \frac{L}{100} \sqrt{2.56 + 0.48 \frac{L}{100}}.$$

Ferner ergibt sich der Coefficient der durch die nutzbare Last hervorgerufenen Spannung zu $\frac{1.08}{1.58} k' = 0.7 k'$; demnach wird die wirkliche Spannung

$$k = \left(0.70 \frac{K-k}{K} + \frac{k}{K}\right) k'$$

$$k = \frac{0.70 K \cdot k'}{K - 0.30 k'}$$

Bei Stahlbrücken ist für den Constructions-Coëfficienten y zu setzen $4.2 + 0.006 L$. Das Verhältniss m ist so wie oben

$$m = \frac{k}{K - k}$$

V. Consolenträger mit paralleler Gurtung.

Dieses, sowie einige der zunächst behandelten Systeme, gehören zu jener Gruppe von Trägern, deren Stabilität durch die Gegenwirkung der anstossenden Spannweiten bedingt ist. Wir nehmen jedoch vorderhand auf die angrenzenden Oeffnungen keine Rücksicht und bestimmen nur die Materialmenge in der betreffenden Spannweite.

Im Vergleich zu einem gewöhnlichen Parallelträger erfordert dieses System in den Gurten weniger Material und verhalten sich die theoretischen Volumina wie 1 : 2.

Analog wie beim einfachen Gitterträger setzen wir das Gesamtvolumen

$$v = 2 (L x + 2 h y)$$

und berücksichtigen so wie dort die Variabilität des Gurtquerschnittes in dem Werthe von x . Das oben angegebene Verhältniss gestaltet sich aber in Folge der ungleichmässigen Vertheilung des Eigengewichtes noch günstiger. Man kann nämlich für das Maximalmoment setzen:

$$\mu = 0.00078 \frac{2 L^2 x + 4 L h y}{c}$$

und erhält daraus mit Berücksichtigung von

$$h = \frac{L x}{2 y}$$

$$k = 0.00078 \frac{8 L y}{c},$$

worin c einen Coëfficienten bedeutet, der von der Vertheilung des Trägergewichtes abhängig ist.

Für das aus einer gleichmässig vertheilten Belastung hervorgehende Trärgewicht ist als mittlerer praktischer Werth $c = 11$, und für das aus einer nach denselben Gesetzen wie das Eigengewicht vertheilten Belastung resultierende Trärgewicht ist als mittlerer Werth für Gurte und Gitterwerk $c = 15$ zu setzen.

Darnach wird

$$c = \frac{15 k + 11 (K - k)}{K}$$

Substituirt man schliesslich $x = 0.6$ und $y = 2.5 + 0.003 L$, so erhält man

$$k = -0.894 + \sqrt{0.253 \frac{L}{100} + 0.030 \cdot \left(\frac{L}{100}\right)^2} + 0.799.$$

Für Stahlbrücken ist $y = 3.3 + 0.003 L$ zu substituieren. Die Verhältnisszahl m wird, mit Berücksichtigung, dass für die gleichförmig vertheilte Last $c = 8$ zu setzen ist,

$$m = \frac{k c}{8 (K - k)} = \frac{4 k^2 + 11 K k}{8 K (K - k)}$$

VI. Consolenträger mit variabler Höhe.

Gibt man dem Obergurt bei dem eben behandelten Systeme eine Krümmung nach abwärts, so dass in der Mitte nur eine geringe Höhe verbleibt, so tritt dadurch eine Ersparniss im Gitterwerk, dagegen ein Mehrverbrauch in den Gurtungen ein, da sich diese Form der mit der Momentencurve übereinstimmenden nähert. Die gesammte Materialmenge kann aber in Folge der grösseren Höhe, welche das schwächere Gitterwerk als zweckmässig erscheinen lässt, im Vergleich zum vorigen System geringer werden.

Nach demselben Vorgange wie oben, wobei nur andere Coëfficienten, nämlich $x = 0.7$ und $y = 2.0 + 0.003 L$ einzusetzen sind, erhält man

$$k = -0.894 + \sqrt{0.203 \frac{L}{100} + 0.024 \left(\frac{L}{100}\right)^2} + 0.799.$$

VII. Continuirlicher (Gelenk-) Träger.

Das Mittelfeld eines solchen Trägers mit zwei Gelenken und näherungsweise auch das eines continuirlichen Trägers kann man sich aus einem gewöhnlichen Parallelträger, der zwischen zwei Consolenträgern, System V, eingeschaltet ist, zusammengesetzt denken.

Das mit solchen Consolenträgern zu erreichende Maximum der Ausladung beträgt 200^m, unabhängig von den vom Träger zu tragenden Lasten. Für den Parabelträger finden wir als Maximalspannweite 240^m, und mithin für das zu untersuchende System $240 + 400 = 640^m$.

Es bezeichnet a die Länge der beiden Consolenträger zusammen, b die Länge des einfachen Parallelträgers, m_2 und m_3 die bezüglichen Verhältnisszahlen für die Systeme II und V. Dann ist das Gewicht des belasteten Parallelträgers in Theilen der auf den laufenden Meter entfallenden nutzbaren Last ausgedrückt und auf die Längeneinheit des ganzen Trägers reducirt $\frac{b(m_2 + 1)}{L}$, ferner in gleicher Weise das Gewicht der Consolenträger $\frac{a(m_3 + 1)}{L}$ und endlich das vom Einfluss des Parallelträgers herrührende Eigengewicht der Consolenträger, wenn man für die am Ende wirkende Last eine doppelt so grosse gleichförmig vertheilte Last substituirt

$$\frac{a m_3 \frac{2 b (m_2 + 1)}{a}}{L}$$

Es wird daher die Verhältnisszahl m für dieses System.

$$m = \frac{a(m_3 + 1) + b(m_2 + 1) + 2 b(m_2 + 1) m_3}{L}$$

$$-1 = m_3 + \frac{b}{L} (m_3 + 2 m_2 m_3 + m_2).$$

Es handelt sich noch um das günstigste Verhältniss zwischen Spannweiten a und b . Durch Vergleiche ergibt sich, dass man die kleinsten Werthe von m für $b = \frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{8} L$ erhält. Daraus wurde folgende Formel construiert:

$$b = 17 + 30 \left(\frac{L}{100}\right) + 0.7 \left(\frac{L}{100}\right)^2.$$

VIII. Continuirlicher (Gelenk-) Parabelträger.

Mit derselben Berechtigung wie oben kann man auch einen Träger dieses Systems aus einem einfachen Parabelträger und aus zwei Consolenträgern System VI combinirt denken.



Die Maximalspannweite beträgt hier $480 + 290 = 770^m$. Analog wie oben findet man

$$m = m_6 + \frac{b}{L} (m_6 + 2 m_3 m_6 + m_3)$$

und als günstigstes Verhältniss der Spannweiten

$$b = 23 + 14 \left(\frac{L}{100}\right) + 2.7 \left(\frac{L}{100}\right)^2$$

d. i. $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{8} L$.

IX. Bogenträger mit horizontalem Obergurt.

Die Untersuchung beschränkt sich hier auf den Fall des Bogens mit Scheitel- und Kämpfergelenken. Schon bei diesem hat die Aufstellung einfacher, theoretisch begründeter Gewichtsformeln seine Schwierigkeit.

Eigengewicht. Bei flachen Bögen fällt hier die Stützlinie mit der Mittellinie des Bogens zusammen, und es ergibt sich demnach für das Volumen der Bogenrippe, wenn f die Querschnittsfläche im Scheitel bedeutet, in gleicher Weise wie für den Obergurt eines Parabelträgers

$$f \left(L + \frac{7h^2}{L} \right),$$

dagegen wird das Volumen der Verticalen mit Rücksicht auf die kleinere Länge nur etwa halb so gross wie beim Parabelträger $= 2 \frac{h^2}{L} f$, mithin das Gesamtvolumen pro Flächeneinheit Bogenquerschnitt:

$$v = Lx + 9 \frac{h^2}{L} y$$

und für die günstigste Bogenhöhe $h = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{x}{y}} \cdot L$ wird

$$k = 0.00078 \cdot 0.75 \cdot Lx \sqrt{\frac{y}{x}}$$

Zufällige Belastung. Bei partieller Belastung werden auch der Obergurt und das Gitterwerk beansprucht; für das dadurch geforderte Gesamtvolumen kann etwa gesetzt werden

$$v = 1.8 Lx + \frac{24}{L} h^2 - y,$$

so dass sich die Spannung k'' ergibt zu

$$k'' = 0.00078 \cdot 1.62 Lx \sqrt{\frac{y}{x}}$$

Gemischte Last. Nimmt man wieder die nutzbare Last zu $\frac{1}{4}$ aus ruhender und zu $\frac{3}{4}$ aus zufälliger Last bestehend an, so wird der entsprechende Coefficient 1.4 oder 1.9 k' .

Für $x = 1.25$ und $y = 3.5 + 0.006 L$ wird

$$k' = 0.073 \frac{L}{100} \sqrt{2.8 + 0.48 \frac{L}{100}}$$

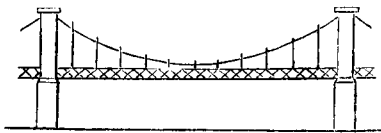
$$k = \frac{1.9 K k'}{K + 0.9 k'}$$

Für Stahlbrücken ist der Coefficient $y = 4.5 + 0.006 L$ anzunehmen.

X. Versteifte Hängebrücke.

Es wird jenes System in Betracht gezogen, bei welchem die Versteifung durch einen horizontalen Streckträger bewirkt wird.

Unter der Annahme, dass bei totaler Belastung bloß die Hängeketten tragen, findet man für das Volumen der Ketten und Hängestangen, so wie oben für den Bogen bei totaler Belastung



$$k = 0.00078 \cdot 0.75 Lx \sqrt{\frac{y}{x}},$$

darin $x = 1.25$, $y = 3.2 + 0.006 L$ gesetzt, gibt

$$k = 0.073 \frac{L}{100} \sqrt{2.56 + 0.48 \frac{L}{100}}$$

Bezüglich des Streckträgers müssen wir uns mit einer rein empirischen Formel begnügen. Man kann für dessen Gewicht, ausgedrückt durch die nutzbare Last, also die Verhältnisszahl m' etwa setzen

$$m' = 0.12 \frac{L}{100} + 0.03 \left(\frac{L}{100} \right)^2,$$

dann wird für die gesammte Tragconstruction

$$m = m' + \frac{k}{K - k} (1 + m');$$

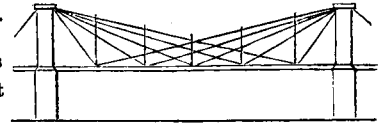
für Stahlbrücken ist $y = 4.2 + 0.006 L$ und

$$m' = 0.09 \frac{L}{100} + 0.023 \left(\frac{L}{100} \right)^3$$

zu setzen.

XI. Dreiecks-Hängewerk.

Dieses System geht aus dem unter IV behandelten durch Hinweglassung des Spannriegels und eines Theiles der Verticalen hervor, und sind daher die dort erhaltenen Resultate nur entsprechend zu modificiren.



Zufällige Last. Für das Einheitsvolumen der Zugbänder gilt so wie dort

$$v = Lx + \frac{21}{4} \frac{h^2}{L} y.$$

Daraus folgt die zweckmässigste Höhe

$$h = 0.44 L \sqrt{\frac{x}{y}}$$

und die Spannung

$$k'' = 0.00078 \cdot 0.76 Lx \sqrt{\frac{y}{x}}$$

Eigengewicht. Zum Volumen der Zugbänder, das mit obigem übereinstimmt, addirt sich noch dasjenige der Verticalen, die zur Unterstützung und Verbindung der Zugbänder anzubringen sind. Dieses zu $\frac{13}{4} \frac{h^2}{L} y$ angenommen, gibt insgesamt

$$v = Lx + \frac{17}{2} \frac{h^2}{L} y,$$

daraus

$$k' = 0.00078 \cdot 0.97 Lx \sqrt{\frac{y}{x}}$$

Gemischte Last. Wird $x = 1.25$ und $y = 3.2 + 0.006 L$ gesetzt, so wird

$$k' = 0.095 \frac{L}{100} \sqrt{2.56 + 0.48 \frac{L}{100}}$$

Ferner ist

$$k'' = \frac{0.76}{0.97} k' = 0.78 k',$$

daher die wirkliche Spannung

$$k = \frac{0.78 K k'}{K - 0.22 k'};$$

für Stahlbrücken $y = 4.2 + 0.006 L$.

Es erübrigt jetzt noch die Bestimmung der sogenannten nutzbaren Last, insbesondere des Gewichts der Querconstructionen. Diese bestehen aus den Quer- und Schwellenträgern, aus den Querversteifungen und Windstreben.

Offenbar muss dieses Gewicht mit der Spannweite zunehmen, da mit derselben auch die Breite der Brückenbahn aus Stabilitätsrücksichten zunehmen muss. Durch Vergleiche findet sich, dass man mit einer gewissen Annäherung das Gewicht der Querconstructionen für eine zweigleisige Brücke setzen kann

$$g_1 = a \sqrt{L}.$$

Der Coefficient a ist bei den Systemen, welche nach Maassgabe der Höhe ein verschiedenes Maass der Versteifung erfordern, verschieden anzunehmen, etwa

	Eisenbrücken	Stahlbrücken
für System I, II, III, IV, VII	$g_1 = 0.2 \sqrt{L}$,	$0.133 \sqrt{L}$
" " V, VI, VIII, IX	$g_1 = 0.18 \sqrt{L}$,	$0.12 \sqrt{L}$
" " X und XI	$g_1 = 0.15 \sqrt{L}$,	$0.10 \sqrt{L}$

Auch die zufällige Last ist rationellerweise mit der Spannweite variabel anzunehmen:

für 90 ^m	$p = 7.9$ Tonnen
" 150 ^m	$p = 7.0$ "
" 200 ^m und darüber	$p = 6.7$ Tonnen.

Dann ist das Gesamtgewicht der Eisenconstruction pro laufenden Meter

$$g = m(p + g_1) + g_1;$$

bei Stahlbrücken werden noch 5% zugeschlagen.

Die auf Grundlage der obigen Formeln gewonnenen Resultate sind in folgender Tabelle zusammengefasst und auf Tafel Nr. 25 graphisch dargestellt.

System	Spannweite L	Eisenbrücken				Stahlbrücken			
		h	m	g_1	g	h	m	g_1	g
I. Blechträger	90	$\frac{1}{8}L$	0·88	1·9	10·5				
	100		1·08	2·0	12·5				
	125		1·71	2·2	18·4				
	150		2·79	2·4	28·6				
	200	$\frac{1}{8}L$	13·13	2·8	127·5				
II. Parallel-Gitterträger	90	$\frac{1}{8}L$	0·47	1·9	6·5	$\frac{1}{8}L$	0·36	1·3	4·8
	100		0·57	2·0	7·5		0·42	1·3	5·4
	125		0·86	2·2	10·4		0·61	1·5	7·2
	150		1·30	2·4	14·6		0·86	1·6	9·5
	200	$\frac{1}{8}L$	3·81	2·8	39·0	$\frac{1}{8}L$	1·78	1·9	18·1
III. Parabel-träger (Bow-string)	90	$\frac{1}{8}L$	0·50	1·9	6·8	$\frac{1}{8}L$	0·34	1·3	4·6
	100		0·59	2·0	7·7		0·41	1·3	5·3
	125		0·86	2·2	10·4		0·53	1·5	6·5
	150		1·23	2·4	14·0		0·71	1·6	8·1
	200	$\frac{1}{8}L$	2·59	2·8	27·4		1·21	1·9	12·9
IV. Hängwerks-träger mit Spannriegel	90	$\frac{1}{8}L$	0·41	1·9	5·9	$\frac{1}{8}L$	0·26	1·3	3·9
	100		0·49	2·0	6·8		0·30	1·3	4·2
	125		0·77	2·2	9·5		0·43	1·5	5·6
	150		1·26	2·4	14·2		0·61	1·6	7·1
	200	$\frac{1}{8}L$	5·63	2·8	56·3	$\frac{1}{8}L$	1·24	1·9	13·2
V. Consolenträger mit paralleler Gurtung	90	$\frac{1}{8}L$	0·37	1·7	5·3	$\frac{1}{11}L$	0·30	1·1	4·0
	100		0·43	1·8	5·9		0·35	1·2	4·5
	125		0·60	1·9	7·4		0·47	1·3	5·6
	150		0·81	2·1	9·5		0·62	1·5	7·1
	200		1·38	2·5	15·2		0·99	1·7	10·5
VI. Consolenträger mit gekrümmten Gurten	90	$\frac{1}{8}L$	0·28	1·7	4·4	$\frac{1}{8}L$	0·23	1·1	3·4
	100		0·33	1·8	4·9		0·27	1·2	3·8
	125		0·45	1·9	6·0		0·35	1·3	4·5
	150		0·59	2·1	7·5		0·46	1·5	5·7
	200		0·96	2·5	11·3		0·71	1·7	8·1
VII. Continuirlicher (Gelenk-) Träger	90		0·37	1·9	5·5		0·30	1·3	4·3
	100		0·43	2·0	6·2		0·35	1·3	4·6
	125		0·56	2·2	7·5		0·47	1·5	5·9
	150		0·70	2·4	9·0		0·60	1·6	7·1
	200		1·16	2·8	13·8		0·87	1·9	9·9
VIII. Continuirlicher (Gelenk-) Parabelträger	90		0·28	1·7	4·4		0·23	1·1	3·4
	100		0·33	1·8	4·9		0·27	1·2	3·8
	125		0·44	1·9	5·9		0·35	1·3	4·5
	150		0·56	2·1	7·2		0·46	1·5	5·7
	200		0·88	2·5	10·6		0·67	1·7	7·7
	300		1·84	3·0	20·8		1·28	2·1	14·1
	400		3·73	3·5	41·5		2·26	2·4	24·2
	500		8·35	3·9	92·4		4·02	2·7	42·5
	600		23·20	4·3	259·5		7·41	2·9	77·7
	700		227·8	4·6	2578·7		15·13	3·2	160·6
	800		—	—	—		39·15	3·4	418·7
	900		—	—	—		192·2	3·6	2082·4

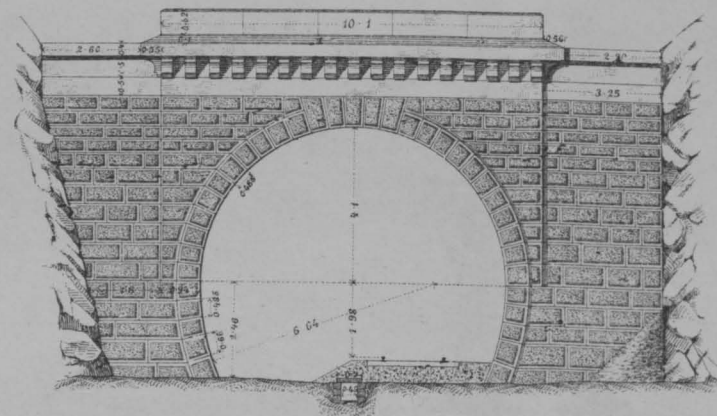
System	Spannweite L	Eisenbrücken				Stahlbrücken			
		h	m	g_1	g	h	m	g_1	g
IX. Bogenträger mit horizontalem Ober-gurt	90	$\frac{1}{6}L$	0·42	1·7	5·7	$\frac{1}{7}L$	0·29	1·1	3·9
	100		0·48	1·8	6·4		0·33	1·2	4·3
	125		0·66	1·9	8·0		0·44	1·3	5·4
	150		0·88	2·1	10·1		0·56	1·5	6·6
	200		1·47	2·5	16·0		0·86	1·7	9·3
X. Versteifte Hängebrücke	300		4·33	3·0	45·0		1·79	2·1	18·7
	400	$\frac{1}{7}L$	80·0	3·5	819·5		4·15	2·4	42·2
	500		—	—	—	$\frac{1}{7}L$	15·95	2·7	160·2
	90	$\frac{1}{5}L$	0·37	1·4	4·8	$\frac{1}{6}L$	0·26	0·9	3·4
	100		0·43	1·5	5·5		0·30	1·0	3·8
XI. Dreiecks-Hängwerk	125		0·60	1·7	7·1		0·40	1·1	4·7
	150		0·80	1·8	8·8		0·52	1·2	5·8
	200		1·35	2·1	14·0		0·82	1·4	8·4
	300		4·00	2·6	39·8		1·84	1·7	18·0
	400	$\frac{1}{6}L$	39·0	3·0	381·3		4·25	2·0	45·5
	500		—	—	—	$\frac{1}{7}L$	15·22	2·2	144·5
	90	$\frac{1}{4}L$	0·23	1·4	3·6	$\frac{1}{5}L$	0·16	0·9	2·4
	100		0·27	1·5	4·0		0·18	1·0	2·7
	125		0·38	1·7	5·1		0·24	1·1	3·3
	150		0·51	1·8	6·3		0·32	1·2	4·0
	200		0·95	2·1	10·5		0·51	1·4	5·8
	300		5·56	2·6	54·3		1·29	1·7	13·1
	400		—	—	—	$\frac{1}{7}L$	5·36	2·0	51·0
	Meter				Tonnen				Tonnen

Diese Tabellenwerthe lassen selbstverständlich, indem sie sich nur auf die Hauptspannweite beziehen, einen endgiltigen Vergleich zwischen den einfachen und den abhängigen Trägern nicht zu. Bei den letzteren kommt der Materialverbrauch in den seitlichen Spannweiten oder in der Verankerung in Frage, und noch schwieriger wird der Vergleich, wenn auch die verschiedene Höhe und Stärke der Pfeiler in Betracht gezogen wird. Einigermassen genährte Werthe wenigstens für die Gewichtsverhältnisse der Eisenconstruction erhält man nach Angabe des Verfassers der citirten Schrift, wenn man als Einheitsgewicht einer Brücke mit drei Oeffnungen, deren seitliche Spannweiten gleich $\frac{1}{2}$ der mittleren sind, bei den einfachen Trägern das durchschnittliche Gewicht, bei den abhängigen dagegen das der Hauptspannweite zukommende Gewicht annimmt.

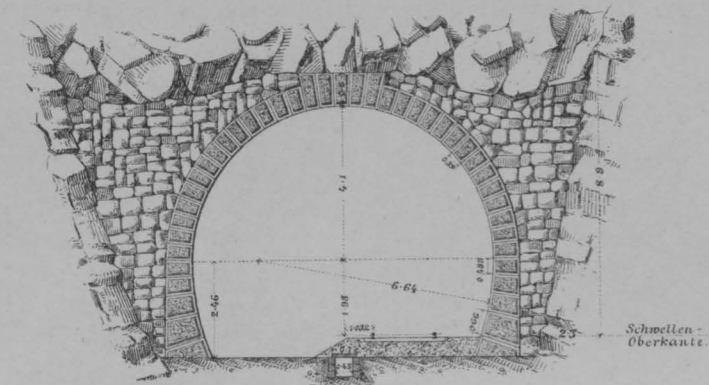
Es ergeben sich demnach für die einfachen Träger folgende herabgeminderte Durchschnittswerthe bei der Hauptspannweite L :

Haupt-Spannweite L	Eisenbrücken				Stahlbrücken		
	Blechträger	Gitterträger	Parabel-träger	Hängwerks-träger	Gitterträger	Parabel-träger	Hängwerks-träger
90	8·4	5·5	5·7	4·9	4·0	4·0	3·4
100	9·5	6·0	6·3	5·5	4·4	4·3	3·7
125	13·1	7·8	7·9	7·1	5·4	5·0	4·5
150	19·1	9·8	9·8	9·0	6·8	6·0	5·5
200	70·0	23·3	17·6	31·5	11·8	9·1	8·9
300						24·3	
Meter	Tonnen				Tonnen		

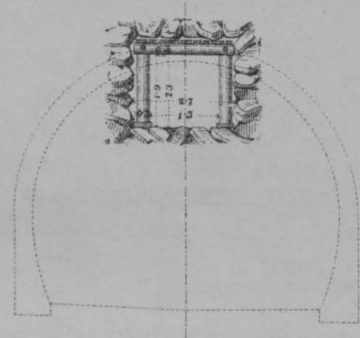
Süd-Portal



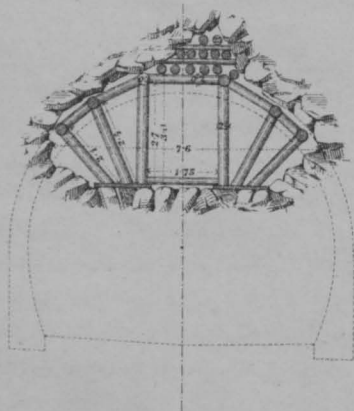
Nord-Portal



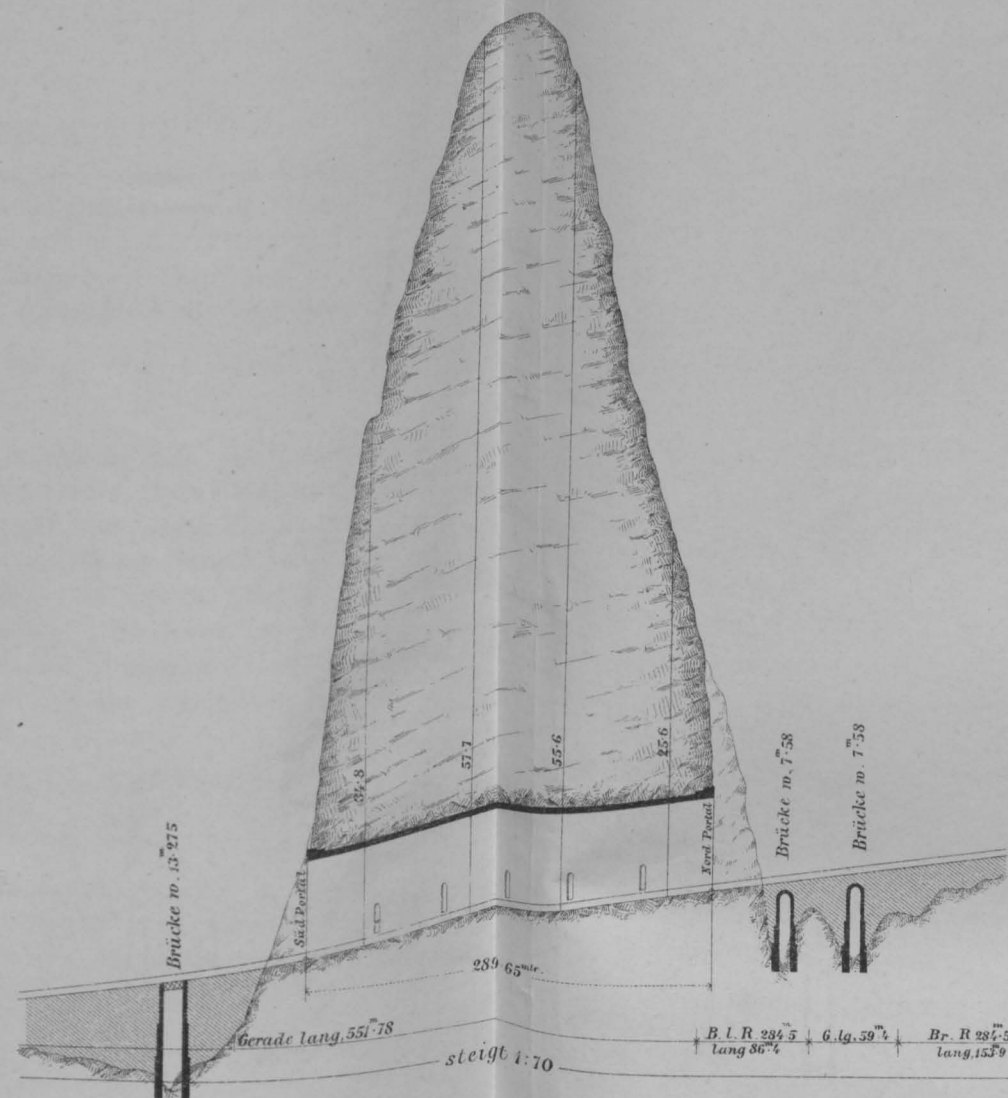
Kopfstollen



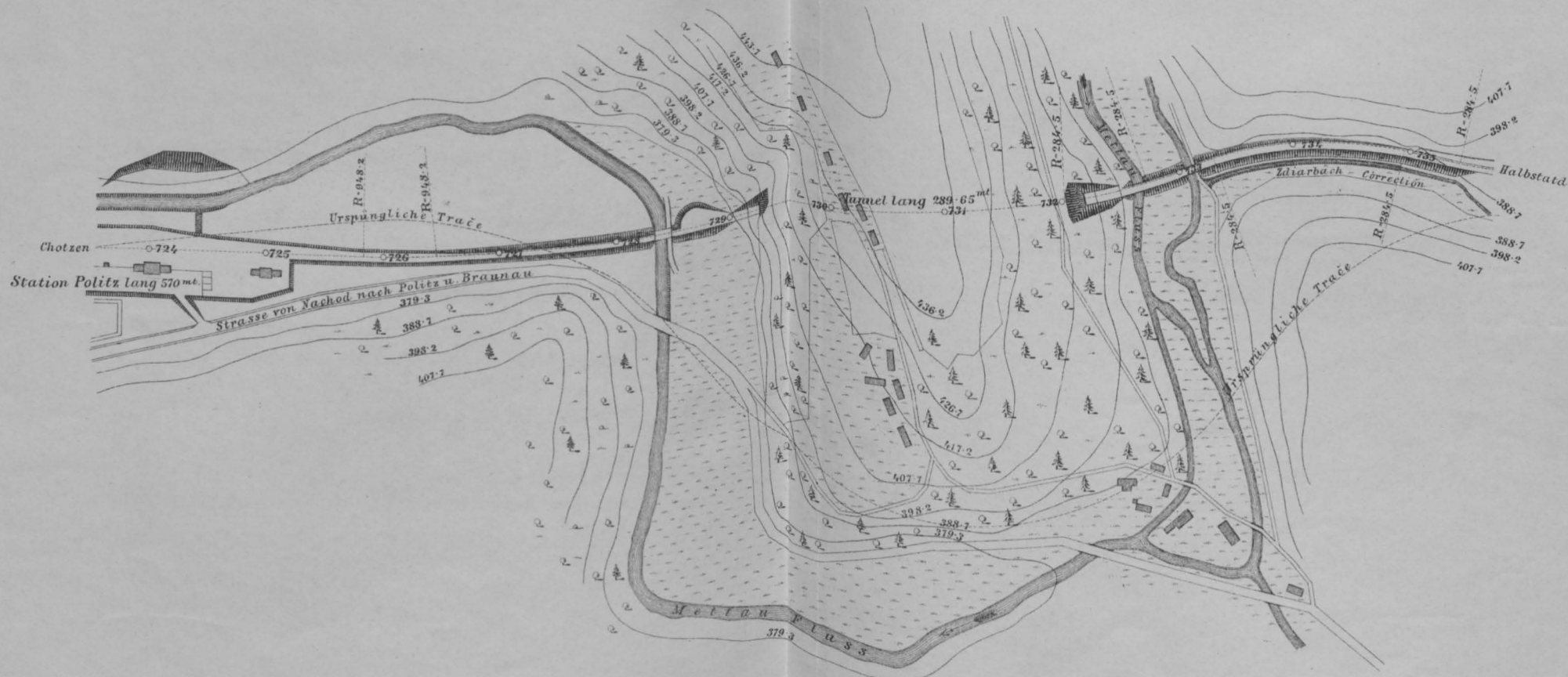
Erweiterung



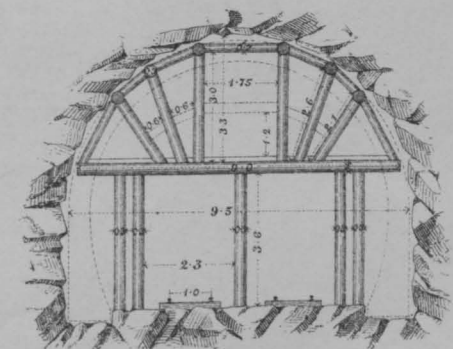
Längenprofil



Situation

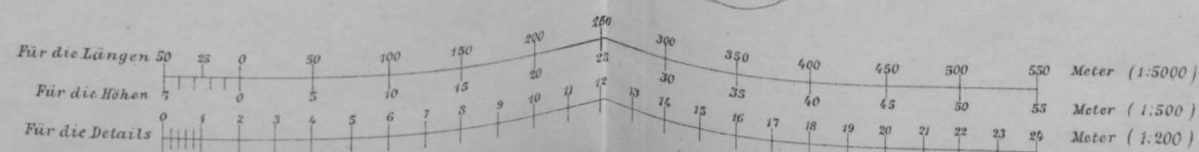
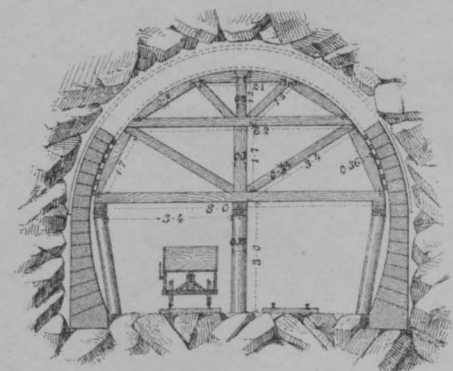


Volles Profil

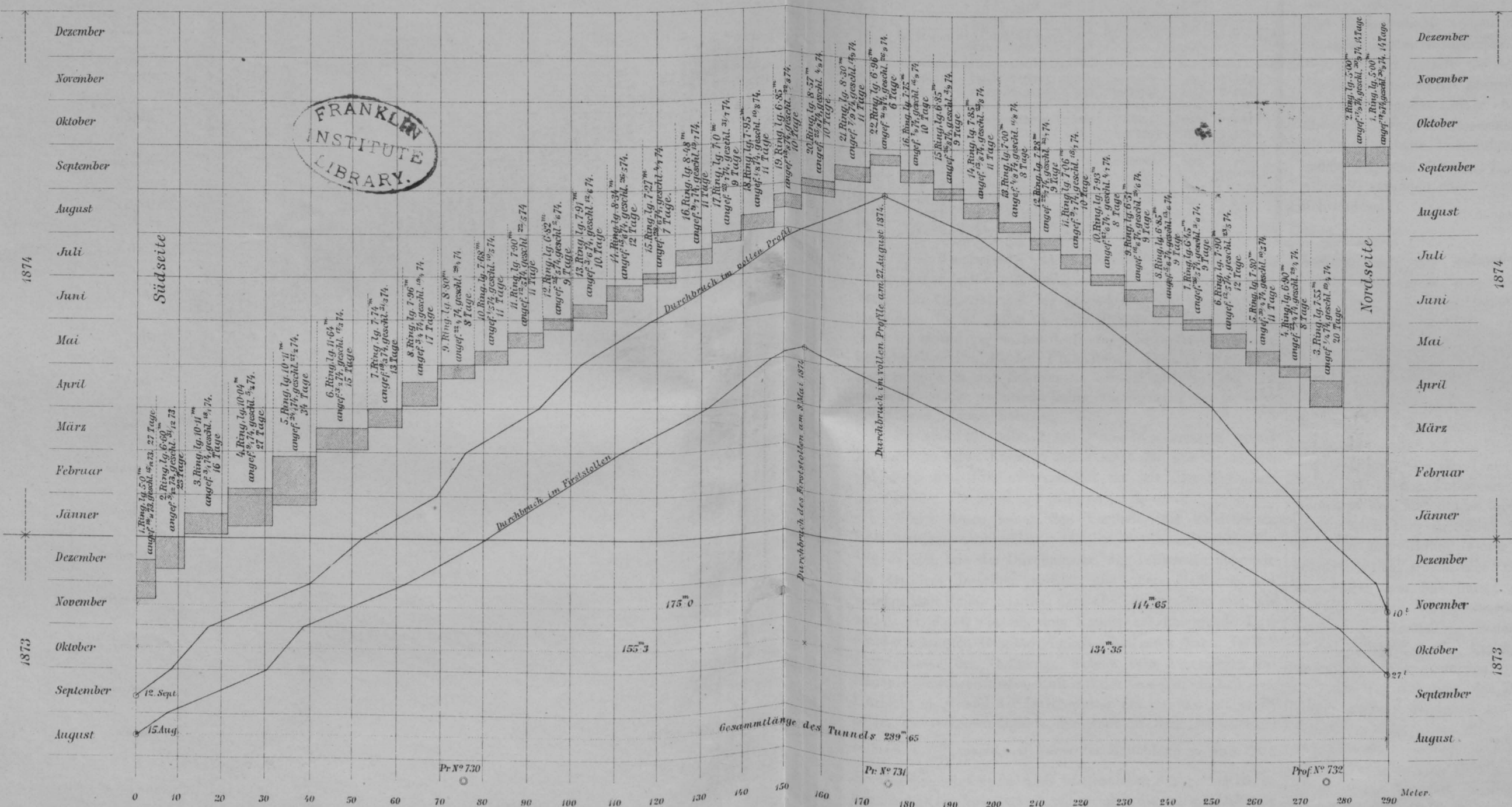


Im druckreichen Gebirge wurden die punctirten Regel zur Verstärkung eingeschaltet. (Tunnel-Ausgang.)

Lehrgerüste



GRAPHISCHE DARSTELLUNG des Arbeitsfortschrittes des Durchbruches im Firststollen und im vollen Profile sowie der Ausmauerung des PETROWITZER-TUNNELS.



Südseite.

Die durchschnittliche tägliche Leistung im Firststollen aus 281 Tagen beträgt 0.55^m.
" " " " im vollen Profile " 361 " " 0.48^m.
" " " " der Ausmauerung " 315 " " 0.57^m.

Gesamtleistung.

Die durchschnittliche tägliche Leistung im Firststollen aus 281 Tagen beträgt 1.03^m.
" " " " im vollen Profile " 361 " " 0.80^m.
" " " " der Ausmauerung " 315 " " 0.92^m.

Es entfallen auf 1 current Meter Tunnel Durchbruch 209 Tagesschichten
" " " " Ausmauerung 50 " "
" " " " 37 " "

Die durchschnittliche per Tag erzeugte Mauerwerksmasse beträgt 12.4 cub. mtr.

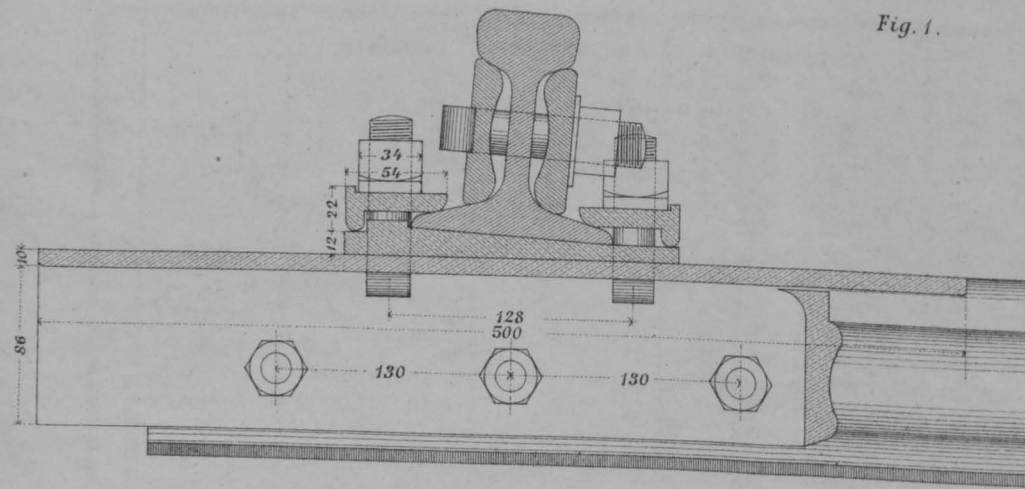
Nordseite.

Die durchschnittliche tägliche Leistung im Firststollen aus 223 Tagen beträgt 0.60^m.
" " " " im vollen Profile " 259 " " 0.44^m.
" " " " der Ausmauerung " 199 " " 0.56^m.

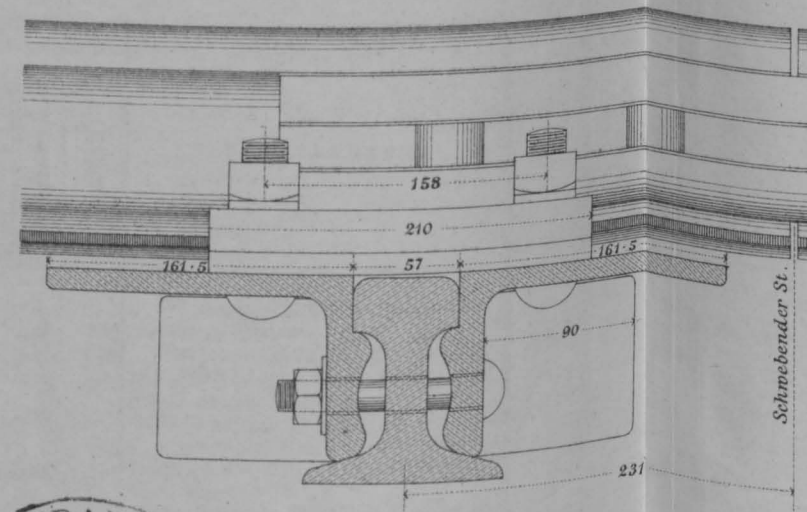
Alternative A.

Schnitt nach C D.

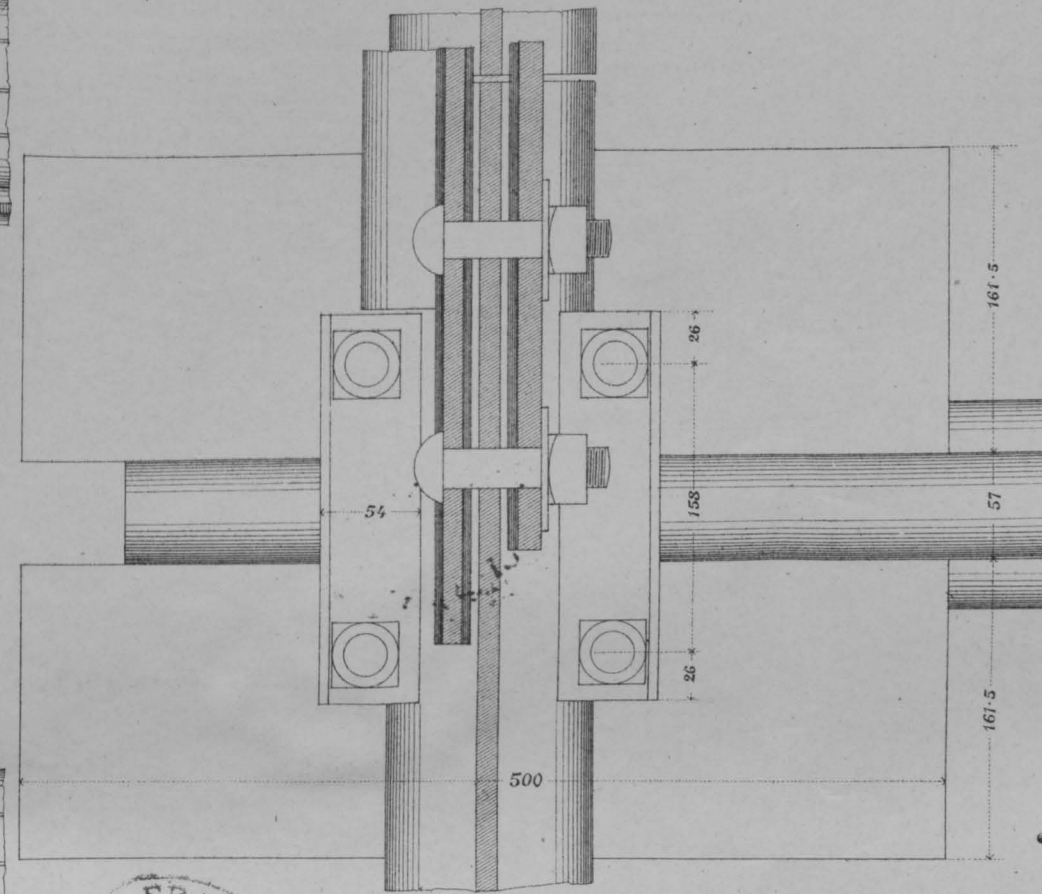
Fig. 1.



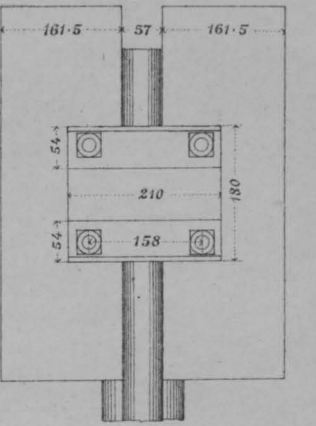
Längenschnitt nach A B.



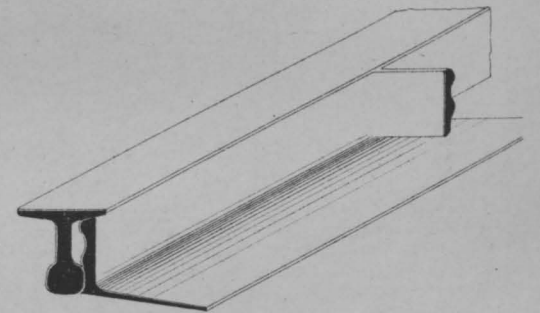
Horizontalschnitt nach E F. Fig. 4.



Grundriss der Auflager. Fig. 5.



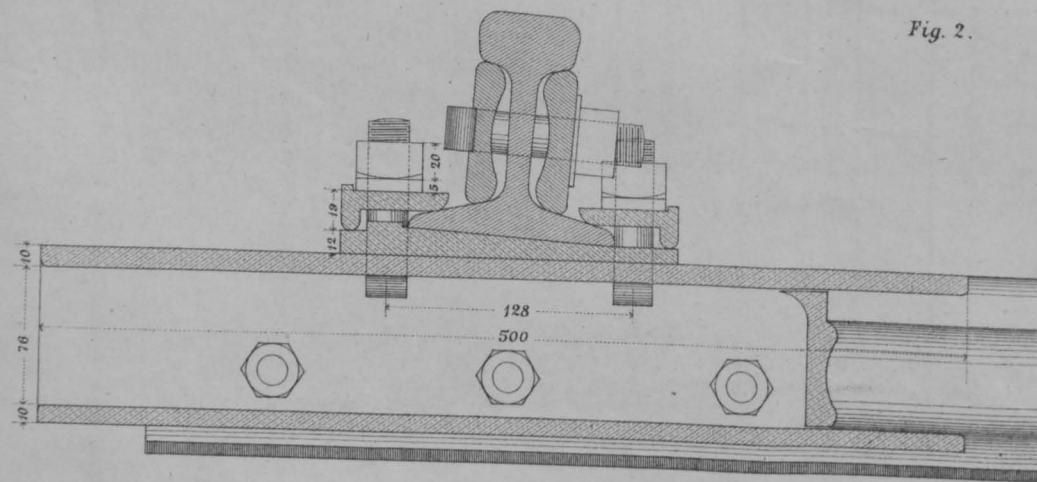
Ansicht der umgelegten Winkellaste Fig. 6.



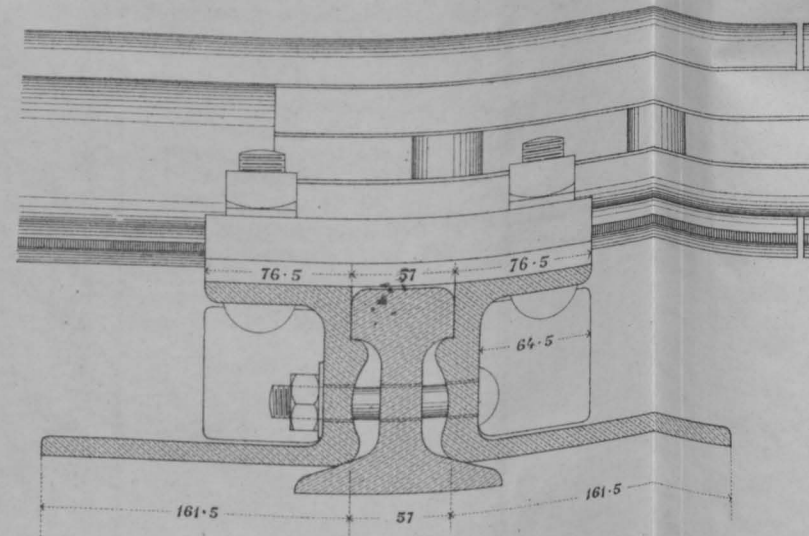
Alternative B.

Schnitt nach C D.

Fig. 2.



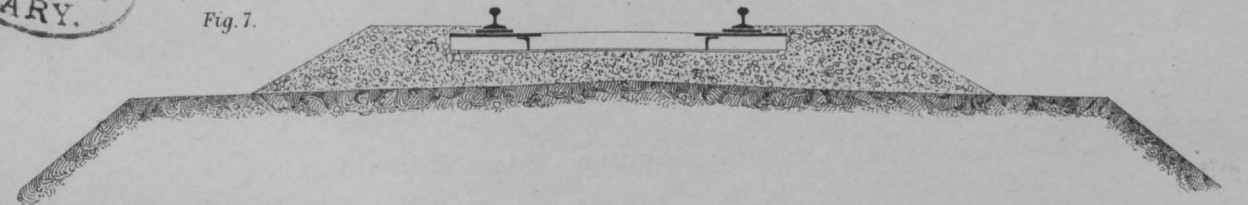
Längenschnitt nach A B.



Normalprofil.

Alternative A.

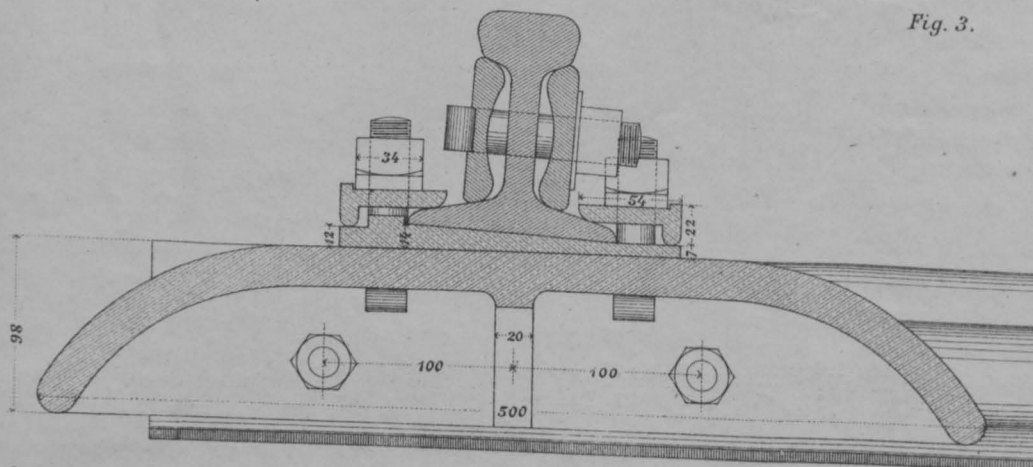
Fig. 7.



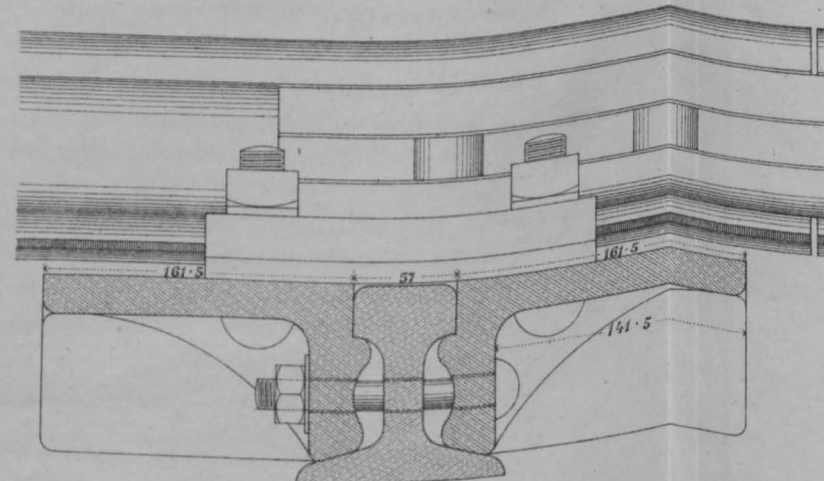
Alternative C.

Schnitt nach C D.

Fig. 3.



Längenschnitt nach A B.



Alternative C.

Fig. 8.

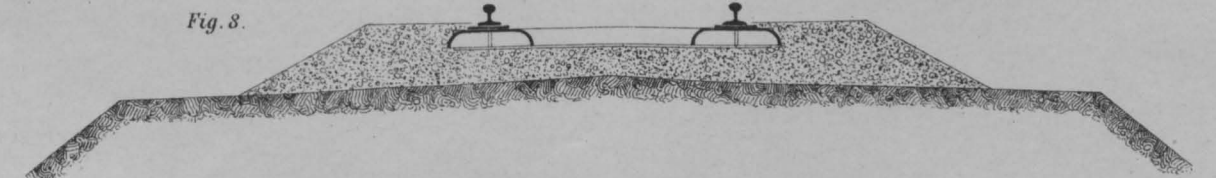


Fig. 9.

Grundriss der Alternativen.

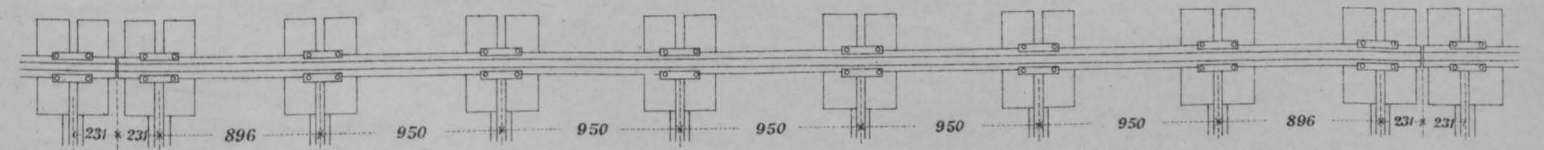
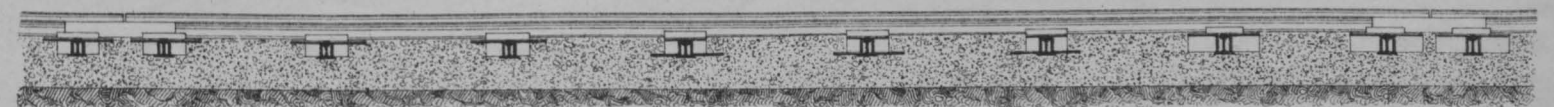


Fig. 10.

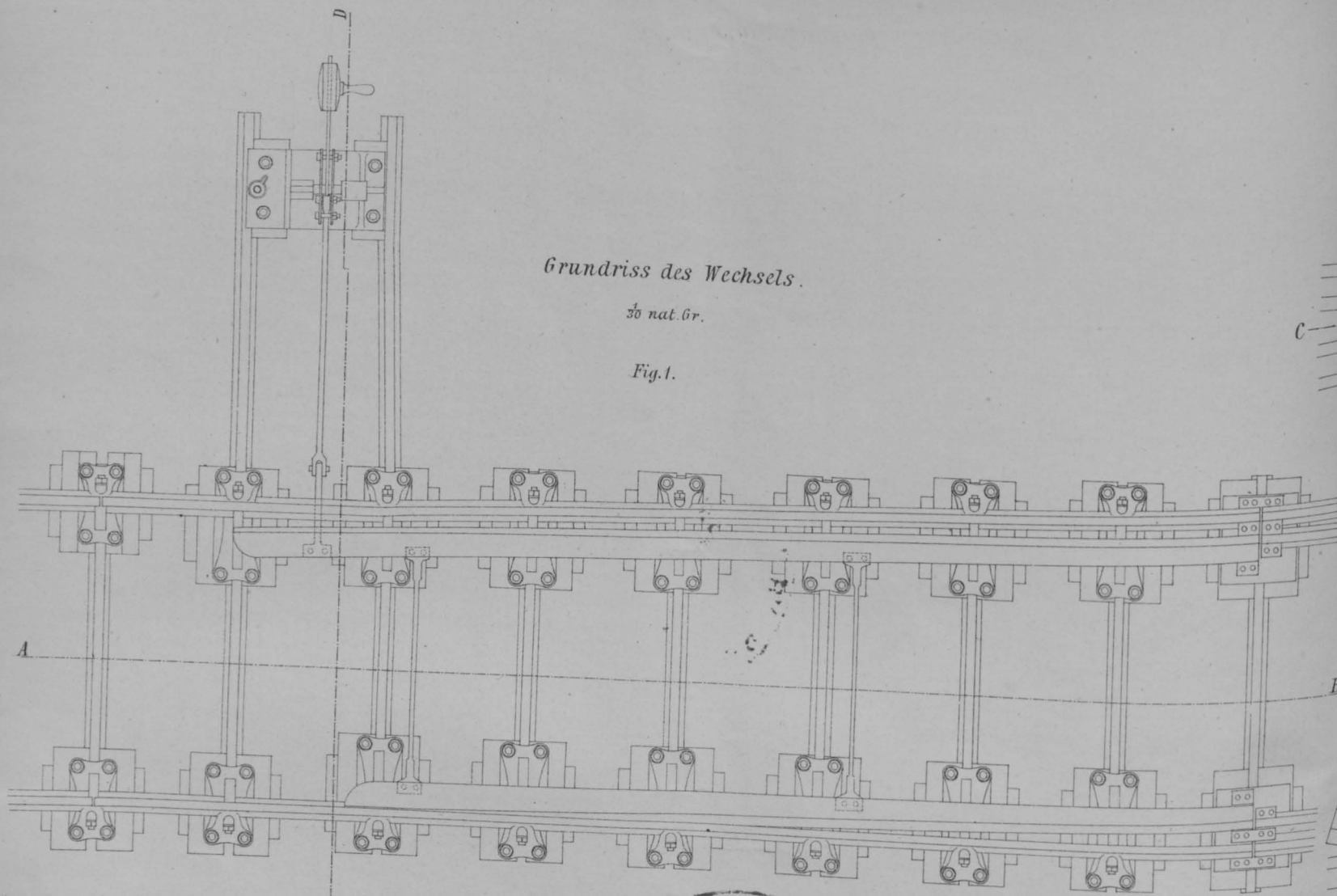
Längenschnitt der Alternativen.



Grundriss des Wechsels.

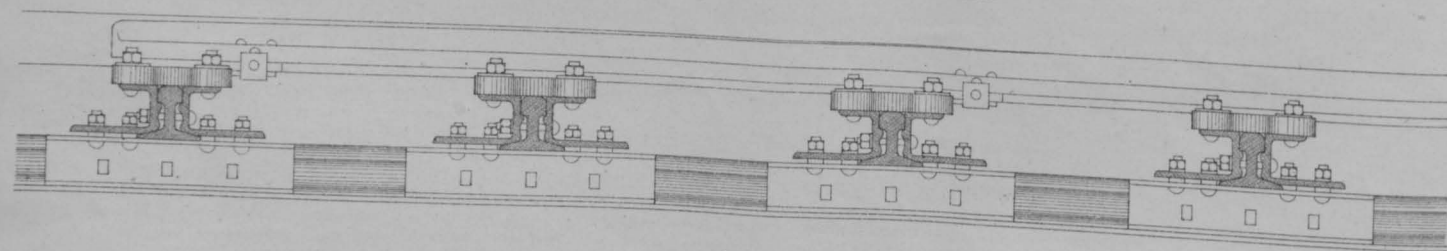
$\frac{30}{1}$ nat. Gr.

Fig. 1.



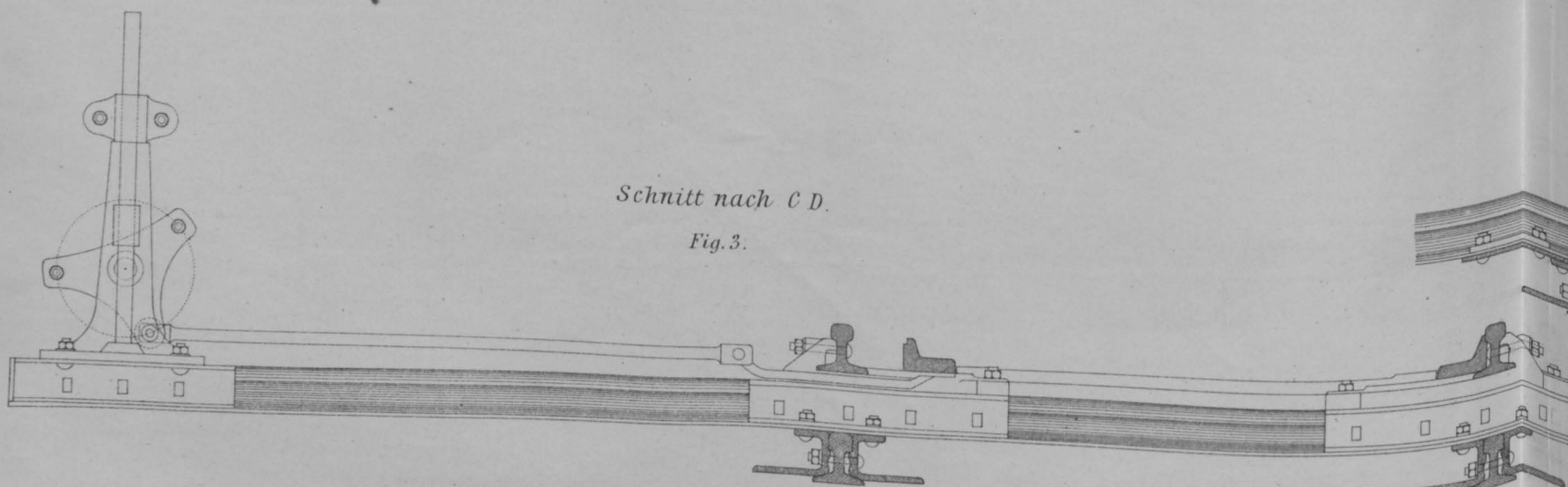
Schnitt nach A B.

Fig. 2.



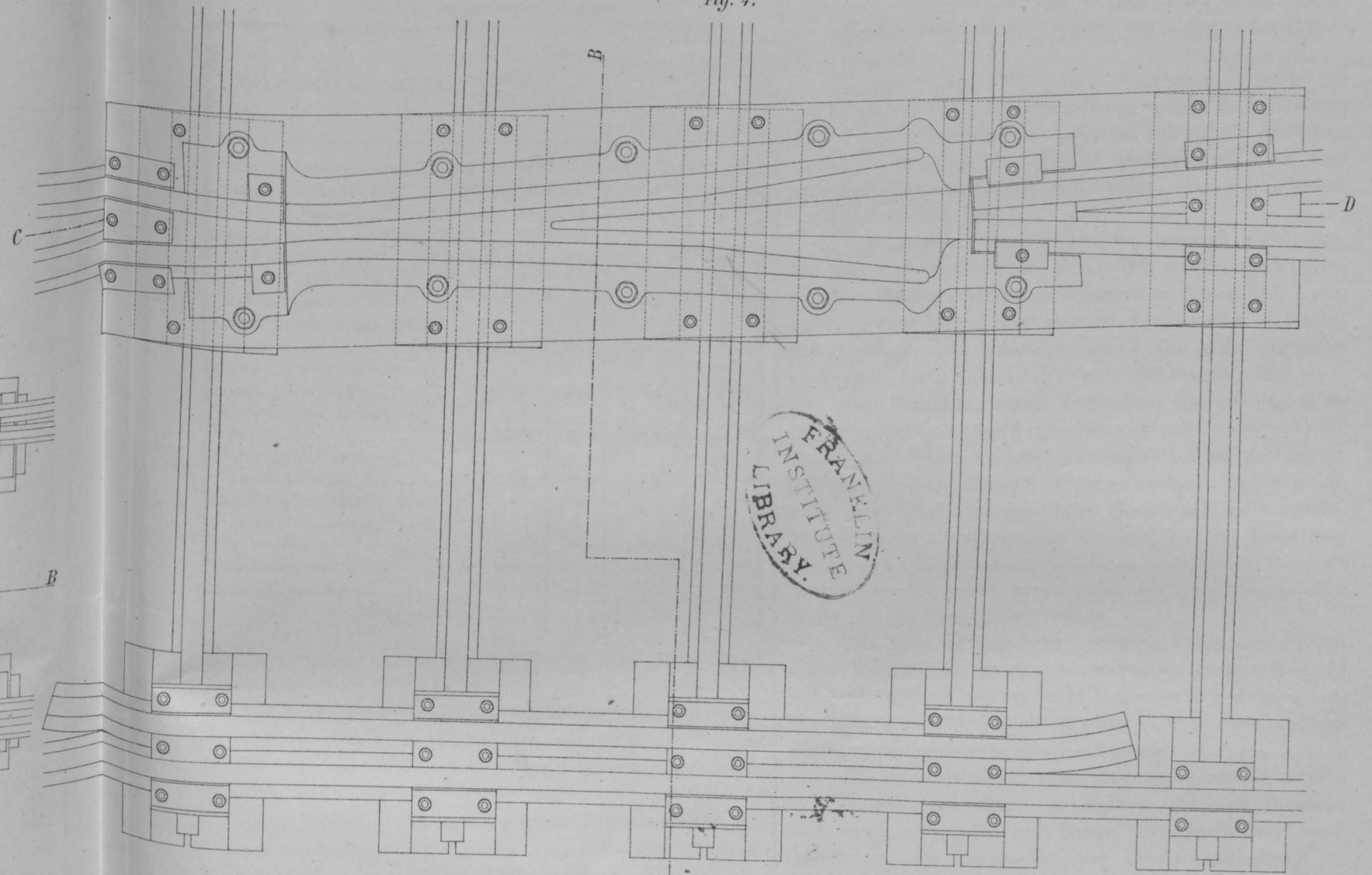
Schnitt nach C D.

Fig. 3.



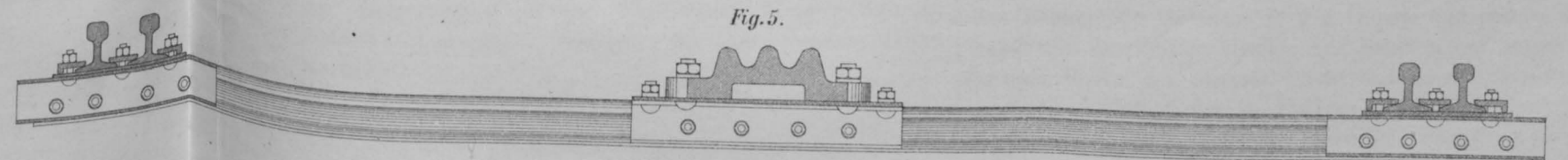
Grundriss der Kreuzung.

Fig. 4.



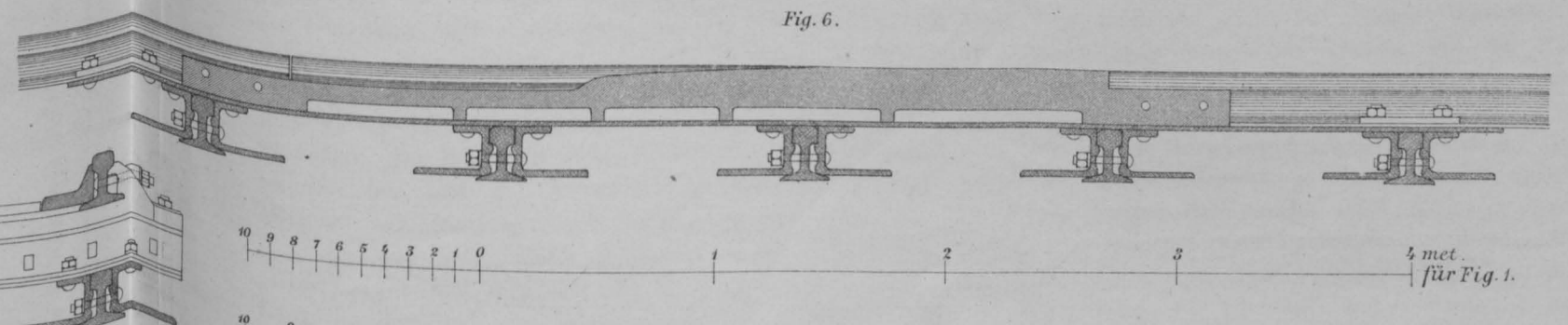
Schnitt nach A B.

Fig. 5.



Schnitt nach C D.

Fig. 6.



10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

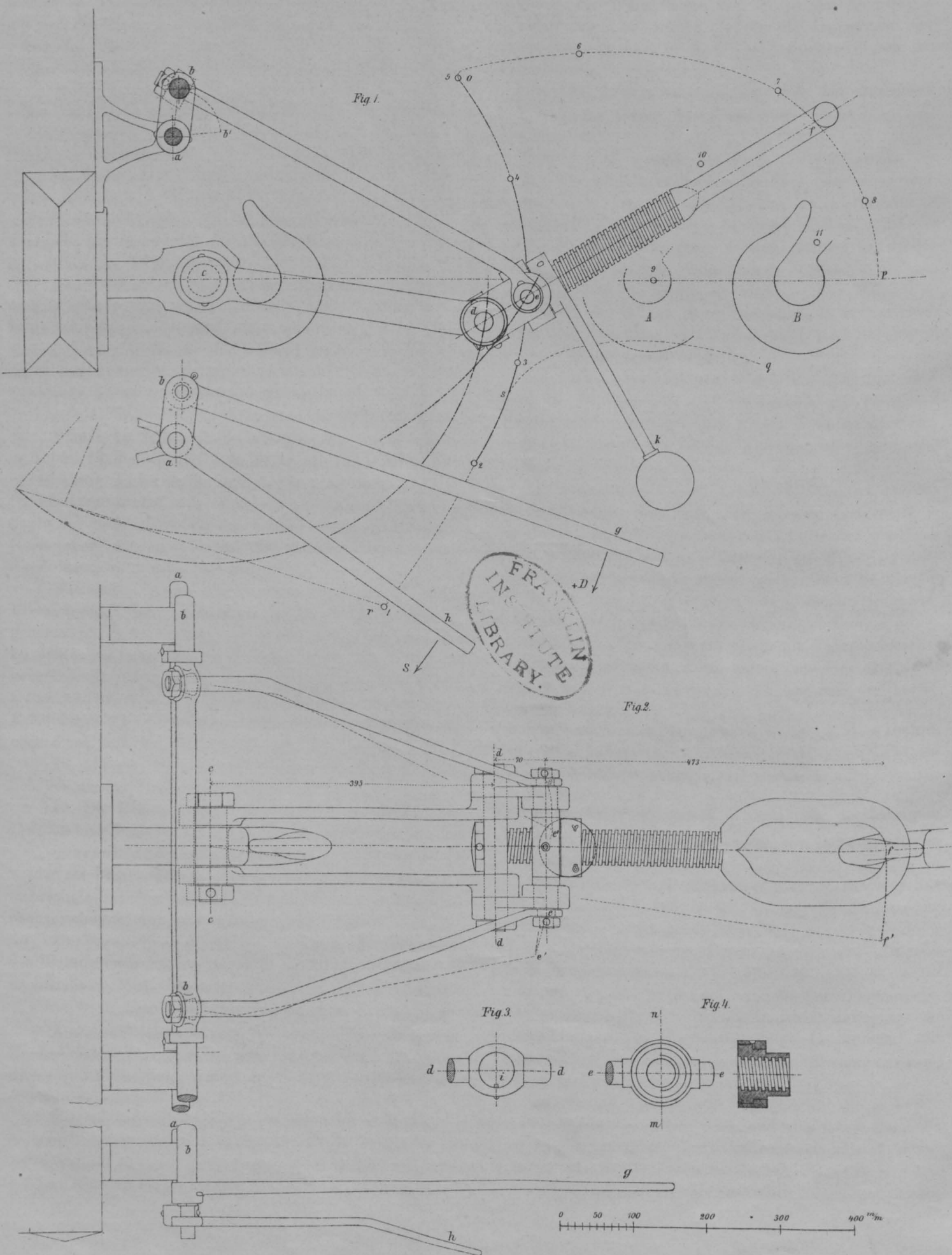
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

1 met. für Fig. 1.

1 met. für die Fig. 2, 3, 4, 5, 6.

EISENBAHN WAGON KUPPELUNG

VON
Emil Schrabetz.

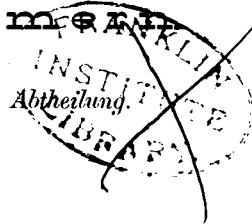


ERKLÄRUNG

zu den

im Plane verzeichneten Nummern.

NB. Die in den Hauptgebäuden doppelt schraffirten Felder umschliessen die österreichische Abtheilung.



A. Gebäude südlich von der Avenue of the Republic.

1. Englisches Kesselhaus.
2. Corliss-Dampfkesselhaus.
3. Amerikanisches Kesselhaus.
4. Kesselhaus und Maschinen-Werkstätte.
5. Bureau der Centennial-Commission der Vereinigten Staaten.
6. „ „ Centennial-Finanz-Behörde.
7. Centennial-National-Bank.
8. Patent-Hochöfen.
9. Artesischer Brunnen.
10. Diamant-Bohrmaschine.
11. Backstein-Fabrications-Maschinen.
12. Quarzwerke des Staates Nevada.
13. Gas-Apparate.
14. Kunst-Schlosserei.
15. Eisenwerke.
16. Pulverramme.
17. Locomotivenhaus der Westend-Bahn.
18. Sägemühlen.
19. Heiz-Apparate.
20. Oefen-Anlagen.
21. Bartholdi-Fontaine.
22. Fontaine der katholischen „Total-Abstinence-Union“.

B. Gebäude nördlich von der Avenue of the Republic und westlich von der Belmont-Avenue.

23. Centennial-Feuerwehr Nr. 1.
24. Ausstellungs-Gebäude des Staates Ohio.
25. „ „ „ Indiana.
26. „ „ „ Illinois.
27. „ „ „ Wisconsin.
28. „ „ „ Michigan.
29. „ „ „ New-Hampshire.
30. „ „ „ Connecticut.
31. „ „ „ Massachusetts.
32. „ „ „ Delaware.
33. „ „ „ Maryland.
34. „ „ „ Tennessee.
35. „ „ „ Missouri.
36. George Hill's Restauration.
37. Gebäude des Staates Mississippi.
38. Bischof Allen-Monument.
39. Gebäude des Staates Californien.
40. „ „ „ New-York.
- 41.—43. Englische Ausstellungs-Gebäude.
44. Gebäude des Staates Arkansas.
45. Muster-Hospital des Kriegsministeriums der V. St.

46. Hospitalzelt.
47. Chemisches Laboratorium.
48. Liénard's Reliefpläne von Paris, Jerusalem etc.
49. Tunesisches Lager.
50. Gebäude des Staates Pennsylvanien.
51. Türkisches Caféhaus.
52. Bureau des „Boston Herald“.
53. Zeitungs-Ausstellungs-Gebäude.
54. Internationales Reise-Bureau.
55. Ausstellung von gepresstem Heizmaterial.

C. Ausstellungs-Gebäude nördlich von der Avenue of the Republic, südlich von der Fountain-Avenue, aber östlich von der Belmont-Avenue.

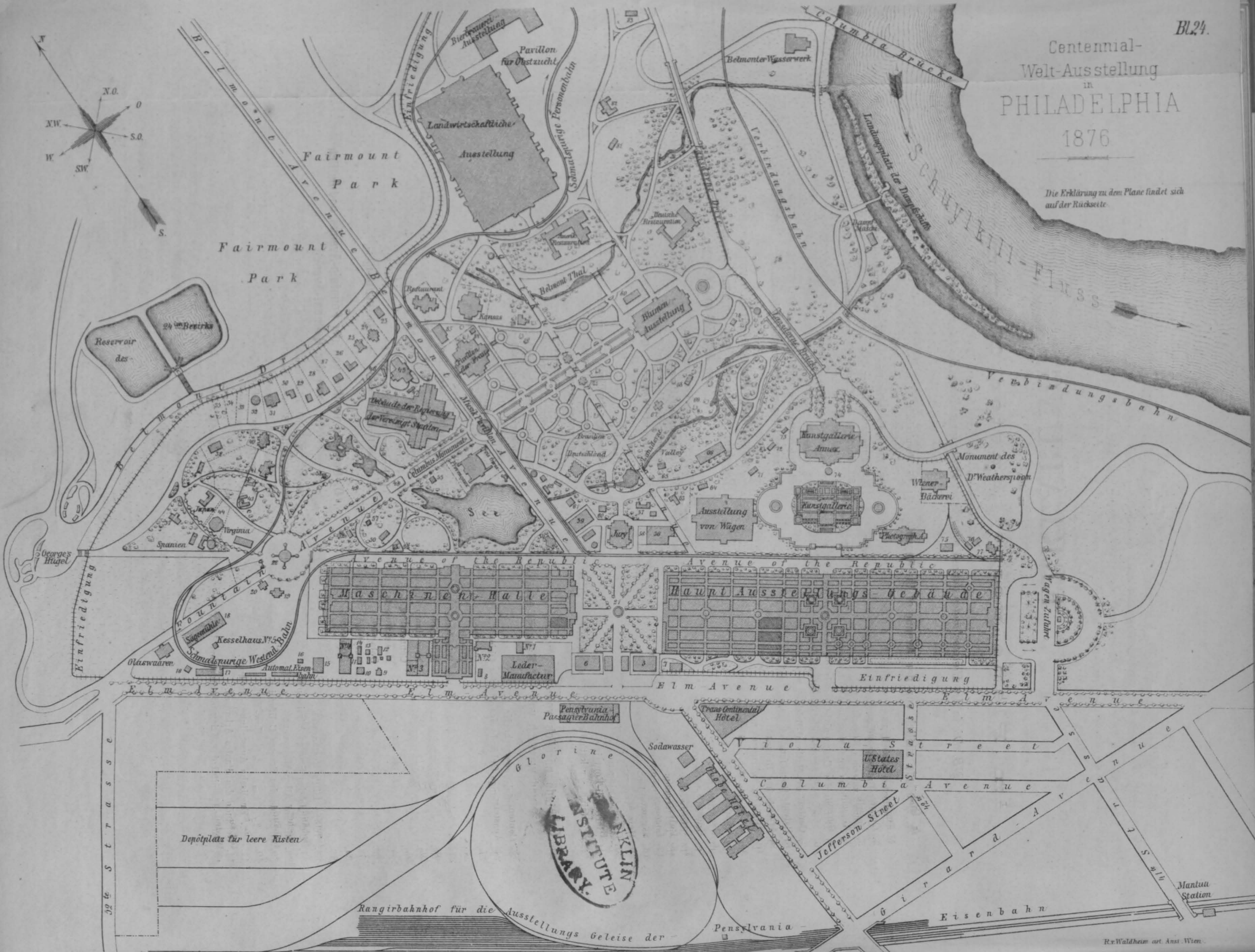
56. Oeffentliches Comforthaus.
57. Japanesischer Bazar.
58. Bureaux der Centennial-Commission.
59. Centennial Photograph. Gesellschaft.
60. Polizei.
61. Glasfabrik.
62. Sodawasser-Pavillons, Cigarrenläden, Zeitungsbureaux.
63. Schwedisches Schulhaus.
64. Kindergarten-Schulhaus.
65. Gebäude der portugiesischen Regierung.
66. Restauration „La Fayette“.
67. Schweizerische Milchwirtschaft.
68. Amerikanische Bibelgesellschaft.
69. Indianisches Jagdlager.
70. Mount Washington-Eisenbahn.
71. Pennsylvanisches Erziehungs-haus.
72. Bureau der „New-York World“.
73. Nähmaschinen-Ausstellung.
74. Monument der Religionsfreiheit.
75. Empire Transport-Gesellschaft.
76. Polizei-Station.
77. Feuerwehr-Pavillon Nr. 2.
78. Ausstellungs-Gebäude der Stadt Philadelphia.

D. Gebäude nördlich von der Fountain-Avenue und östlich von der Belmont-Avenue.

79. Neu-England. Blockhaus und Küche der Neuzeit.
80. Specielles Blumen-Ausstellungs-Gebäude.
81. Thee- und Caféhaus.
82. Amerikanisches Farmerhaus.
83. Muster-Bienenhaus.
84. Schule für Frauen.
85. Gebäude des Staates New-Jersey.

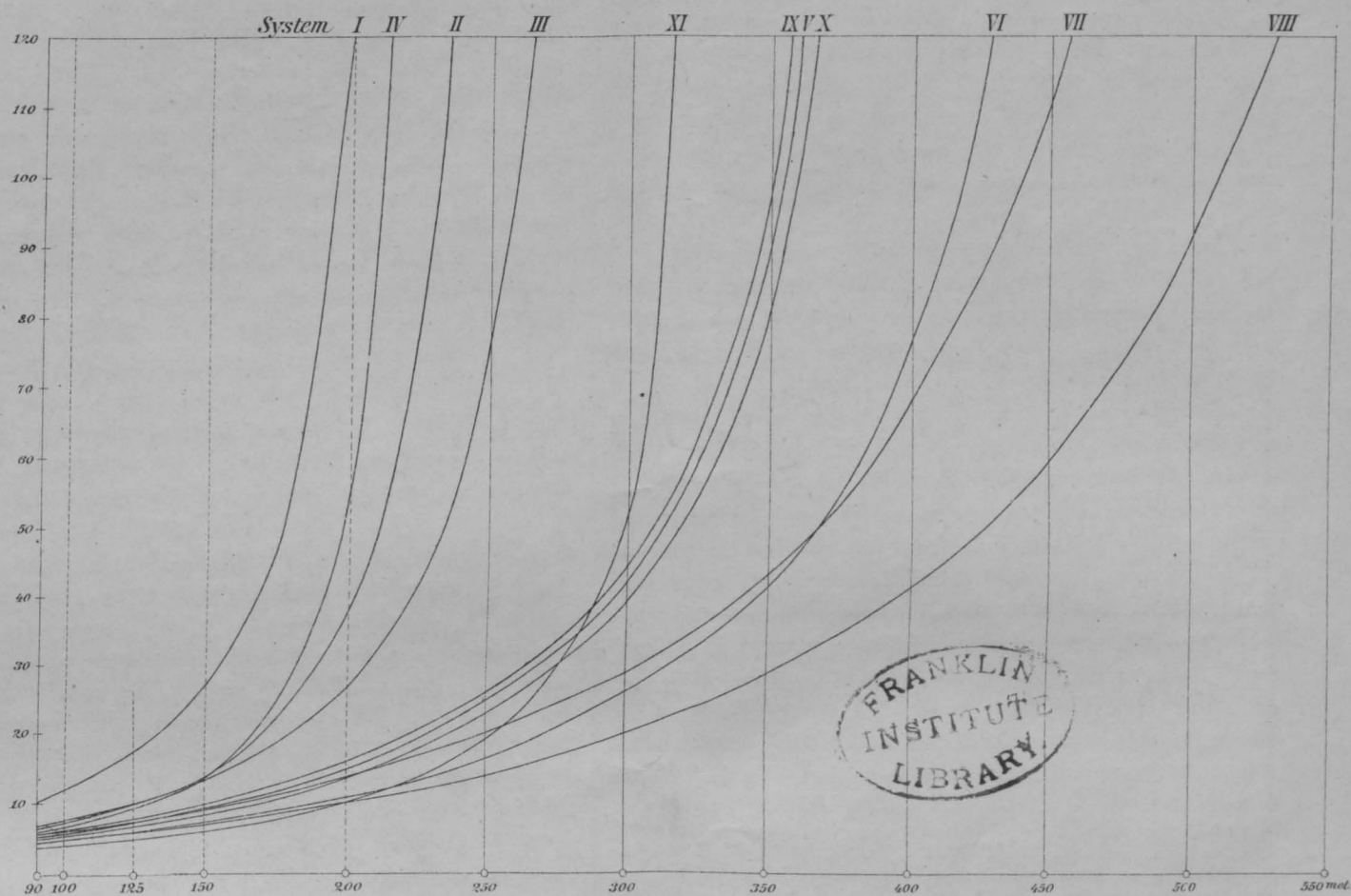
Centennial-
Welt-Ausstellung
in
PHILADELPHIA
1876

Die Erklärung zu dem Plane findet sich
auf der Rückseite.



GEWICHT EISERNE BRÜCKEN BEI GROSSEN SPANNWEITEN

Brücken in Eisen



Brücken in Stahl.

